



**Universidad Nacional Autónoma de México**

# **Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración**

**Trabajo Escrito Profesional**

**Opción Caso práctico**

**Implementación del sistema SIMECELE en el Sistema Nacional de Refinación, principales problemas.**

**Que para obtener el grado de:**

**Maestro en Administración/Administración Industrial**

**Presenta: Claudia Mendoza Monroy**

**Tutor: Dr. M. Javier Cruz Gómez**

**México, D.F.**

**2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DR. MODESTO JAVIER CRUZ GÓMEZ

Secretario: M. en A. JESÚS ROBERTO LOMELÍ ZAMORA

Vocal: M. en A. ROSA MARÍA REAL LIRA

1<sup>er</sup>. Suplente: M. en A. JULIO CÉSAR COSBERT VÁZQUEZ

2<sup>do</sup>. Suplente: DR. DOMINGO ALARCÓN ORTIZ

**LUGAR O LUGARES DONDE SE REALIZÓ EL TRABAJO ESCRITO PROFESIONAL:**

Laboratorio L-212, Conjunto E, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Asesor



Dr. M. Javier Cruz Gómez

Sustentante



Ing. Claudia Mendoza Monroy

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por todas las bendiciones que he recibido.

A mi padre Víctor Mendoza Bautista por el cariño y apoyo que siempre he encontrado en él, pero sobre todo por su ejemplo de lucha diaria.

A mis sobrinos Víctor, Paula, Alejandro, Mónica, Marco Antonio, Valery, Hannia, Abril y Bebé por ser una inspiración para seguir luchando.

A Yadira, Graciela y Humberto por todo el amor, comprensión y apoyo que siempre me han dado.

A TODOS mis amigos que son parte importante de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por formarme y darme la oportunidad de ser parte de ella.

Muy especialmente al Dr. M. Javier Cruz Gómez, asesor de este trabajo, por su confianza, enseñanzas y apoyo brindado.

A mis sinodales por aportar sugerencias y correcciones al trabajo.

A la M. en A. Mariela Sotero Sánchez por sus comentarios y aportaciones, pero sobre todo por el gran apoyo que siempre me ha brindado.

A la Ing. Olga Berenice Benítez López por su gran apoyo y amistad.

Al Dr. Néstor López Castillo por sus comentarios y sugerencias tan notables.

A la M. en A. Rosa María Real Lira por sus valiosos comentarios para mejorar este trabajo.

A todos los miembros del grupo CEASP<sup>4</sup>A de la Facultad de Química, por su amable participación en la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron con este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

<b>Capítulo 1 Introducción</b>		
1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Objetivo del trabajo	4
1.4	Objetivos específicos	4
1.5	Hipótesis del trabajo	5
<b>Capítulo 2 Marco contextual</b>		
2.1	Administración de la seguridad de los procesos	6
2.2	Sistemas de administración de la seguridad de los procesos implementados en PEMEX	10
2.3	Integridad mecánica	14
2.4	CEASP <sup>4</sup> A	18
2.5	SIMECELE	21
<b>Capítulo 3 Marco teórico</b>		
3.1	Administración total de la calidad	24
3.2	Mejoramiento continuo	27
3.3	Definición de problema	32
3.3.1	Clases de problemas	33
3.3.2	Evaluación de los problemas	33
3.4	Las siete herramientas básicas	35
3.4.1	Histograma	37
3.4.2	Diagrama de Pareto	38
3.4.3	Diagrama causa-efecto	41
3.4.4	Hojas de verificación	43
3.4.5	Gráficas de control	44
3.4.6	Diagrama de dispersión	45
3.4.7	Estratificación	47

---

3.5	Las siete nuevas herramientas	49
3.5.1	Diagrama de afinidad	50
3.5.2	Diagrama de relaciones	52
3.5.3	Diagrama de árbol	54
3.5.4	Diagramas matriciales	55
3.5.5	Matriz de análisis de datos	57
3.5.6	Gráfica de programación de decisiones de proceso	58
3.5.7	Diagrama de flechas	59
	<b>Capítulo 4 Metodología</b>	
4.1	Metodología para la solución de problemas	61
4.2	Paso 1. Integrar un equipo para la resolución de problemas	62
4.3	Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial	63
4.4	Paso 3. Identificar las áreas afectadas	65
4.5	Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales	66
4.6	Paso 5. Identificar causa raíz	72
4.7	Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones	73
4.8	Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones	76
	<b>Capítulo 5 Desarrollo de la metodología</b>	
5.1	Marco referencial	77
5.2	Caso práctico 1	79
5.2.1	Paso 1. Integrar un equipo para la resolución de problemas	79
5.2.2	Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial	80
5.2.3	Paso 3. Identificar las áreas afectadas	81
5.2.4	Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales	82
5.2.5	Paso 5. Identificar causa raíz	87
5.2.6	Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones	88
5.2.7	Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones	91
5.3	Caso práctico 2	92
5.3.1	Paso 1. Integrar un equipo para la resolución de problemas	92

---

5.3.2	Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial	93
5.3.3	Paso 3. Identificar las áreas afectadas	94
5.3.4	Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales	95
5.3.5	Paso 5. Identificar causa raíz	100
5.3.6	Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones	101
5.3.7	Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones	104
5.4	Caso práctico 3	105
5.4.1	Paso 1. Integrar un equipo para la resolución de problemas	105
5.4.2	Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial	106
5.4.3	Paso 3. Identificar las áreas afectadas	107
5.4.4	Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales	108
5.4.5	Paso 5. Identificar causa raíz	113
5.4.6	Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones	114
5.4.7	Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones	118
5.5	Caso práctico 1	119
5.5.1	Paso 1. Integrar un equipo para la resolución de problemas	119
5.5.2	Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial	120
5.5.3	Paso 3. Identificar las áreas afectadas	121
5.5.4	Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales	122
5.5.5	Paso 5. Identificar causa raíz	127
5.5.6	Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones	128
5.5.7	Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones	132
	<b>Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones</b>	
6.1	Conclusiones	133
6.2	Recomendaciones	137
	<b>Bibliografía</b>	140
	<b>Anexo A</b>	143

---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Definición de un problema	64
Tabla 2.	Descripción de un problema a detalle	64
Tabla 3.	Clasificación de un problema real y los procesos asociados	65
Tabla 4.	Metodología para la solución de problemas usando el ciclo PHVA y las siete herramientas básicas	69
Tabla 5.	Identificación de causa raíz	72
Tabla 6.	Identificación de posibles soluciones	73
Tabla 7.	Evaluación de soluciones	73
Tabla 8.	Ideas factibles por costos	74
Tabla 9.	Ideas con riesgos controlados	74
Tabla 10.	Ideas con desventajas controlables	74
Tabla 11.	Ideas con mejores beneficios	75
Tabla 12.	Plan de trabajo para la aplicación de soluciones	76
Tabla 13.	Definición del problema (Caso práctico 1)	80
Tabla 14.	Descripción del problema a detalle (Caso práctico 1)	80
Tabla 15.	Clasificación del problema real y los procesos asociados (Caso práctico 1)	80
Tabla 16.	Identificación de causa raíz (Caso práctico 1)	87
Tabla 17.	Identificación de posibles soluciones (Caso práctico 1)	88
Tabla 18.	Evaluación de soluciones (Caso práctico 1)	88
Tabla 19.	Ideas factibles por costos (Caso práctico 1)	89
Tabla 20.	Ideas con riesgos controlados (Caso práctico 1)	89
Tabla 21.	Ideas con desventajas controlables (Caso práctico 1)	89
Tabla 22.	Ideas con mejores beneficios (Caso práctico 1)	90
Tabla 23.	Plan de trabajo para la aplicación de soluciones (Caso práctico 1)	91
Tabla 24.	Definición del problema (Caso práctico 2)	93

---

Tabla 25.	Descripción del problema a detalle (Caso práctico 2)	93
Tabla 26.	Clasificación del problema real y los procesos asociados (Caso práctico 2)	94
Tabla 27.	Identificación de causa raíz (Caso práctico 2)	100
Tabla 28.	Identificación de posibles soluciones (Caso práctico 2)	101
Tabla 29.	Evaluación de soluciones (Caso práctico 2)	101
Tabla 30.	Ideas factibles por costos (Caso práctico 2)	102
Tabla 31.	Ideas con riesgos controlados (Caso práctico 2)	102
Tabla 32.	Ideas con desventajas controlables (Caso práctico 2)	103
Tabla 33.	Ideas con mejores beneficios (Caso práctico 2)	103
Tabla 34.	Plan de trabajo para la aplicación de soluciones (Caso práctico 2)	104
Tabla 35.	Definición del problema (Caso práctico 3)	106
Tabla 36.	Descripción del problema a detalle (Caso práctico 3)	106
Tabla 37.	Clasificación del problema real y los procesos asociados (Caso práctico 3)	107
Tabla 38.	Identificación de causa raíz (Caso práctico 3)	113
Tabla 39.	Identificación de posibles soluciones (Caso práctico 3)	114
Tabla 40.	Evaluación de soluciones (Caso práctico 3)	115
Tabla 41.	Ideas factibles por costos (Caso práctico 3)	115
Tabla 42.	Ideas con riesgos controlados (Caso práctico 3)	116
Tabla 43.	Ideas con desventajas controlables (Caso práctico 3)	116
Tabla 44.	Ideas con mejores beneficios (Caso práctico 3)	117
Tabla 45.	Plan de trabajo para la aplicación de soluciones (Caso práctico 3)	118
Tabla 46.	Definición del problema (Caso práctico 4)	120
Tabla 47.	Descripción del problema a detalle (Caso práctico 4)	120

Tabla 48. Clasificación del problema real y los procesos asociados (Caso práctico 4)	121
Tabla 49. Identificación de causa raíz (Caso práctico 4)	127
Tabla 50. Identificación de posibles soluciones (Caso práctico 4)	128
Tabla 51. Evaluación de soluciones (Caso práctico 4)	129
Tabla 52. Ideas factibles por costos (Caso práctico 4)	129
Tabla 53. Ideas con riesgos controlados (Caso práctico 4)	130
Tabla 54. Ideas con desventajas controlables (Caso práctico 4)	130
Tabla 55. Ideas con mejores beneficios (Caso práctico 4)	131
Tabla 56. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones (Caso práctico 4)	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Componentes del SIASPA	11
Figura 2.	Proceso de inspección técnica de líneas y equipos con SIMECELE	23
Figura 3.	Visión japonesa de la mejora continua y la innovación	28
Figura 4.	Proceso de mejora continua	31
Figura 5.	Histograma	38
Figura 6.	Diagrama de Pareto para defectos y costos representativos de dichos defectos	40
Figura 7.	Diagrama de causa-efecto (Ishikawa)	42
Figura 8.	Gráfica de control	45
Figura 9.	Diagramas de dispersión con correlación positiva y negativa	46
Figura 10.	Grado de correlación entre dos variables	47
Figura 11.	Diagrama de estratificación de datos	48
Figura 12.	Diagrama de afinidad	51
Figura 13.	Diagrama de relaciones	53
Figura 14.	Diagrama de árbol	55
Figura 15.	Diagrama matricial	56
Figura 16.	Gráfica de programación de decisiones de proceso	58
Figura 17.	Diagrama de flechas	60
Figura 18.	Ciclo de Deming para la mejora continua	67
Figura 19.	Diagrama de Pareto (Caso práctico 1)	82
Figura 20.	Diagrama de Ishikawa (Caso práctico 1)	83
Figura 21.	Diagrama de afinidad (Caso práctico 1)	84
Figura 22.	Diagrama de relaciones (Caso práctico 1)	85

Figura 23.	Diagrama de árbol (Caso práctico 1)	86
Figura 24.	Diagrama de Pareto (Caso práctico 2)	95
Figura 25.	Diagrama de Ishikawa (Caso práctico 2)	96
Figura 26.	Diagrama de afinidad (Caso práctico 2)	97
Figura 27.	Diagrama de relaciones (Caso práctico 2)	98
Figura 28.	Diagrama de árbol (Caso práctico 2)	99
Figura 29.	Diagrama de Pareto (Caso práctico 3)	108
Figura 30.	Diagrama de Ishikawa (Caso práctico 3)	109
Figura 31.	Diagrama de afinidad (Caso práctico 3)	110
Figura 32.	Diagrama de relaciones (Caso práctico 3)	111
Figura 33.	Diagrama de árbol (Caso práctico 3)	112
Figura 34.	Diagrama de Pareto (Caso práctico 4)	122
Figura 35.	Diagrama de Ishikawa (Caso práctico 4)	123
Figura 36.	Diagrama de afinidad (Caso práctico 4)	124
Figura 37.	Diagrama de relaciones (Caso práctico 4)	125
Figura 38.	Diagrama de árbol (Caso práctico 4)	126

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

Una empresa de servicios se puede ver afectada por una serie de problemas o fallos administrativos que determinan la calidad de los productos ofrecidos, sin embargo, estos no son identificados tan fácil, es necesario el uso de diferentes herramientas administrativas para revelar de una manera confiable las causas raíz de los problemas, en su mayoría administrativos, sin dejar de lado los operativos, por supuesto, dando la oportunidad de plantear soluciones o alternativas de mejora que se verán reflejadas en una mejor calidad de los servicios.

El hecho de no difundir los objetivos del proyecto, es un problema en mayor o menor medida para las organizaciones. La falta de habilidades o conocimientos sobre administración, metodologías y apoyo organizacional destruyen la mayoría de los proyectos, es decir, acarrear demoras, sobre presupuestos y la insatisfacción del cliente.

Las organizaciones que adoptan de manera satisfactoria prácticas de administración de proyectos, presentan un incremento en sus resultados financieros, las que desprecian la implementación de prácticas formales sufren consecuencias específicas, incluyendo la pérdida de aprendizaje por las experiencias compartidas, proyectos retrasados, sobre presupuestados e inconsistentes resultados en el negocio.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El caso de estudio se aplica al grupo del Centro de Estudios para la Administración de la Seguridad de los Procesos Petroquímicos, Poliméricos y la Protección Ambiental (CEASP<sup>4</sup>A) de la Facultad de Química de la UNAM, en específico a los problemas internos que se presentaron en el proceso de implementación del Sistema Integral de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE) en el Sistema Nacional de Refinación.

Este proceso de implementación del SIMECELE fue planeado para llevarse a cabo en un periodo de cuatro años, después de realizar un estudio diagnóstico en los diferentes centros de trabajo: 6 Refinerías (aproximadamente 200 plantas de proceso), 77 Terminales de almacenamiento y distribución, Instalaciones de ductos y Terminales marítimas.

El personal del grupo CEASP<sup>4</sup>A, es el encargado de coordinar y llevar a cabo los trabajos de implementación en cada centro de trabajo de PEMEX-Refinación, sin embargo se cuenta con la participación de personal de la paraestatal en éste proceso.

Es importante señalar que para los casos de estudio analizados en el presente trabajo solamente se consideran los problemas internos del grupo, es decir, la problemática entre los miembros del grupo CEASP<sup>4</sup>A y sus trabajos, sin tomar en cuenta conflictos observados en la interacción con personal de PEMEX-Refinación.

Para cada centro de trabajo en donde se implementa el SIMECELE, se cuenta con un ingeniero residente encargado de coordinar, supervisar y desarrollar las actividades técnicas y administrativas, además de un equipo de ingenieros de servicio (cuyo número varía dependiendo del centro de trabajo), colaboran también becarios que participan en actividades de apoyo al proyecto.

Durante el primer año de trabajo en la implementación del SIMECELE, se presentaron áreas de oportunidad de mejora al interior del grupo, como ejemplo se cita el caso de un centro de trabajo donde el plan de trabajo original no contemplaba la necesidad de dibujar isométricos por lo tanto se asignaron cero horas ingeniero para ésta tarea.

Durante el desarrollo de los trabajos se encontró que era necesario dibujar y actualizar los isométricos, el equipo dibujó y actualizó 850 isométricos, cambio significativo en el plan de trabajo original.

A éste equipo se le asignaron tres ingenieros, un residente y dos de servicio para la realización de los trabajos, tomando en cuenta que no se tendrían que realizar dibujos ni levantamientos en campo, una vez que se modificó el plan de trabajo solamente se le asignó un ingeniero más, por lo que la carga de trabajo era muy alta.

Los alcances originales fueron modificados varias veces y el cliente no quedó satisfecho con los resultados entregados, ya que respecto a los otros centros de trabajo el avance alcanzado fue mucho menor.

La imagen que el cliente percibe del grupo en general, es la de un equipo desorganizado e ineficiente, que no se preocupó ni se ocupó de garantizar el mejor avance posible para todos los centros de trabajo, quedando claro el desconocimiento de las necesidades y prioridades del cliente. El avance tan desigual en los centros de trabajo genera mucho descontento entre los clientes atendidos.

Este ejemplo nos muestra la importancia de una adecuada planeación y distribución de recursos humanos y económicos para el logro de los objetivos. Ya que es más importante terminar bien que iniciar bien.

### **1.3 OBJETIVO DEL TRABAJO:**

Hacer un análisis del grupo de trabajo CESP<sup>4</sup>A de la Facultad de Química, para detectar principales problemáticas internas generadas dentro de la implementación del SIMECELE en el Sistema Nacional de Refinación, como un mecanismo que permita mejorar los procesos internos y contribuir en el desarrollo del trabajo en equipo, para buscar la mejora continua con el fin de conservar la fidelidad y satisfacción de los clientes internos y externos.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- a) Analizar la problemática interna que se presenta en el proceso de implementación del sistema SIMECELE en el Sistema Nacional de Refinación.
- b) Determinar la metodología de análisis más adecuada para identificar los principales problemas generados en la implementación del sistema SIMECELE.
- c) Identificar las causas raíz o causas directas que han provocado la problemática interna.
- d) Proponer medidas para minimizar o eliminar los problemas internos en la implementación del sistema SIMECELE en el Sistema Nacional de Refinación.

## **1.5 HIPÓTESIS DEL TRABAJO:**

Si se determinan las causas raíz de la problemática interna presente en la implementación del SIMECELE en el Sistema Nacional de Refinación y se aplica una metodología para su análisis, se deben identificar las soluciones adecuadas con el fin de realizar acciones correctivas y preventivas que contribuyan a minimizar las desviaciones surgidas dentro del proceso, y así poder alcanzar la calidad y la mejora continua, para lograr mantener la fidelidad y satisfacción del cliente.

## CAPÍTULO 2

### MARCO CONTEXTUAL

#### 2.1 ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS PROCESOS

La industria química es percibida como de alto riesgo; sin duda, la principal causa de esto, son los conocidos efectos e impactos sociales de los grandes accidentes relacionados con la manufactura y transporte de productos químicos, algunos de los cuales han sobrepasado los límites de las industrias involucradas, cayendo en la categoría de accidentes mayores.

Ésta industria desempeña un papel básico en el desarrollo de la sociedad, la mayor parte de los productos o materiales utilizados en la vida cotidiana procede de la tecnología industrial química, pero su desarrollo conlleva la aparición de diversas situaciones de riesgo que, en ocasiones, se materializan en accidentes que ocasionan una gran cantidad de víctimas, pérdidas materiales y daños severos al medio ambiente.

La administración de la seguridad de los procesos es un conjunto de técnicas usadas para certificar la operación segura de las plantas de proceso, que además de mejorar el cumplimiento de la seguridad permite obtener un incremento en los aspectos ambientales y económicos.

El objetivo principal de la administración de la seguridad de los procesos es prevenir todo evento no deseado evitando pérdidas humanas, económicas y daños al medio ambiente.

Un proceso efectivo de administración de la seguridad de los procesos requiere una propuesta sistemática para evaluar el proceso completo, incluyendo las diferentes capas de protección incorporadas en el diseño y operación del proceso, lo que permite prevenir o mitigar una fuga de productos químicos peligrosos, así

mismo, estas deben ser fortalecidas para asegurar su efectividad en cualquier nivel.

La falta de contención de materiales altamente peligrosos, es un asunto de suma importancia para la comunidad internacional, por lo que autoridades de diferentes países se dan a la tarea de desarrollar legislaciones y regulaciones que buscan minimizar o de ser posible eliminar el potencial de que estos eventos se presenten.

En los últimos años la seguridad en los procesos industriales han tenido un incremento sustancial, las normas internacionales y los requerimientos gubernamentales para el aumento de la protección de instalaciones, al ser humano y al medio ambiente, y generado inquietud en las compañías dedicadas al control de procesos y a la instrumentación.

Fugas inesperadas de líquidos y gases tóxicos, reactivos o flamables, en los procesos donde se involucran productos químicos altamente peligrosos se han reportado durante muchos años. Se debe tener en cuenta que en la industria química se pueden presentar fugas accidentales en cualquier momento, por lo tanto es necesario tomar acciones que permitan tener un control adecuado de los procesos y en caso de ser necesario contar con sistemas para hacer frente a una situación de emergencia minimizando los daños al personal, a las instalaciones, a la comunidad cercana y al medio ambiente.

El Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos CCPS por sus siglas en inglés (Center for Chemical Process Safety) del Instituto Americano de Ingenieros Químicos, desde su fundación en 1985 ha hecho hincapié en la importancia de la administración de la seguridad de los procesos químicos, la forma de conseguirla es a través de la combinación del uso de la tecnología y de una administración de excelencia. (CCPS, 1996).

Los programas de administración de la seguridad de los procesos y los de calidad total en muchas empresas se manejan por separado, sin embargo tienen similitudes y necesidades conjuntas. Se ganaría mucho al fusionar estos sistemas con el fin de proporcionar mayor eficiencia y eficacia en los procesos.

La ganancia obtenida de esta integración de sistemas se vería reflejada en una reducción en costos de operación, bajos costos de entrega, alta velocidad de respuesta bajo demanda, reducción de accidentes, ahorros en multas ambientales, etc.

En procesos de manufactura los costos de baja calidad se deben a: material fuera de especificación, costos por retrabajo, costos de energía, etc. Aunque algunos aspectos de un pobre programa de seguridad, salud y protección ambiental también son: lesiones, interrupciones a la producción, costos por demandas, multas, costos por remediación de espacios y por disposición de residuos. Hay otros costos menos visibles como: la inversión de tiempo en la investigación y explicación de los accidentes, la pérdida de inventario por incidentes mayores y el costo por paros temporales, entre otros.

La protección de la seguridad y la salud de los trabajadores debería ser el objetivo principal para los negocios, ya que ahorra dinero y agrega valor a la organización. Las mejores empresas crean una reputación no solamente acorde con un producto excelente, sino también con un ambiente laboral excepcional donde la seguridad y la salud representan el valor principal.

Cuando los trabajadores están ilesos y sanos, los negocios incurren en menos gastos de seguros por indemnizaciones, gastos médicos, pagos por programas de reintegración al trabajo y productos defectuosos.

Existen también beneficios indirectos tales como aumento en la productividad o reducción de costos al no tener que capacitar a los trabajadores de reemplazo y al no requerir horas extras.

El departamento del trabajo de los Estados Unidos a través de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA por sus siglas en inglés (Occupational Safety & Health Administration), publicó el apéndice C “Guidelines and recommendations for process safety management” cuyo principal objetivo es la administración y manejo de los productos químicos altamente peligrosos que tienen potencial de causar incidentes catastróficos (estándares).

La creación de los estándares busca ayudar a las industrias en sus esfuerzos por prevenir o mitigar fugas de productos químicos que pueden conducir a una catástrofe en los lugares de trabajo con la posibilidad de afectar a la comunidad.

Para controlar este tipo de riesgos se necesitan desarrollar destrezas, experiencia y buen juicio que permitan implementar y mantener un efectivo proceso de administración de la seguridad de los procesos.

Los elementos de la administración de la seguridad de acuerdo con lo que especifica la OSHA, son:

1. Administración de la información
2. Análisis de riesgos
3. Procedimientos operacionales
4. Participación del personal
5. Capacitación
6. Contratistas
7. Revisión preliminar
8. Integridad mecánica
9. Permisos de trabajo para labores con fuentes de ignición
10. Administración del cambio
11. Investigación de incidentes
12. Planes de respuesta a emergencias
13. Auditorias
14. Secretos comerciales

Se pueden encontrar otras formas de organizar estos elementos, pero la proporcionada por la OSHA es representativa y efectiva, aunque una compañía no se rija por ésta normatividad si lo debe hacer con una similar para certificar la seguridad en una industria de alto riesgo.

## 2.2 SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS PROCESOS IMPLEMENTADOS EN PEMEX

PEMEX a lo largo de su historia ha sufrido varios accidentes catastróficos en diferentes instalaciones, como ejemplo podemos citar los siguientes:

- Fuga e incendio de gas LP, en una planta de almacenamiento, San Juan Ixhuatepec, Edo. de México el 19 de noviembre de 1984.
- Fuga de gas e incendio en Plátano y Cacao, Tabasco el 16 de febrero de 1995.
- Explosión en el centro procesador de gas Cactus, Chiapas el 26 de julio de 1996.
- Incendio en la terminal satélite norte de San Juan Ixhuatepec, Edo. de México el 11 de noviembre de 1996.
- Incendio en la refinería “Lázaro Cárdenas” Minatitlán, Veracruz el 17 de diciembre de 1996.

Los impactos provocados por estos accidentes fueron lesiones fatales, altos costos económicos y operativos, que se derivaron de reclamaciones sociales, indemnizaciones, gastos médicos y pagos de seguros, contaminación, mala imagen institucional, demandas de la comunidad y reposición e incremento en las primas de reaseguro.

En éste sentido, entre los años 1996 y 1997 Petróleos Mexicanos implementa el Sistema Integral para la Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental (SIASPA), el sistema estuvo vigente hasta el año 2006, manejaba cinco niveles de desarrollo y estaba integrado por 18 elementos, relacionados con el factor humano, los métodos de trabajo y las instalaciones.

Figura 1. Componentes del SIASPA



Fuente: Manual del SIASPA (PEMEX, 1988) pp.12

En el 2006 PEMEX inicia la implementación del Sistema para la Administración Integral de la Seguridad, Salud y la Protección Ambiental denominado PEMEX-SSPA, que incorpora las lecciones de éxito del SIASPA y evoluciona hacia un sistema basado en la aplicación de las 12 mejores prácticas internacionales de Seguridad, Salud y Protección Ambiental (SSPA) y los subsistemas de seguridad de los procesos, administración ambiental y salud en el trabajo.

El sistema PEMEX-SSPA tiene como base la metodología desarrollada por DuPont y sus herramientas básicas: disciplina operativa, auditorías efectivas y análisis de causas raíz.

El sistema de administración de los procesos industriales de Petróleos Mexicanos está constituido por 14 elementos o prácticas administrativas enfocadas hacia tres recursos: Tecnología, Personal e Instalaciones.

### **Tecnología**

1. Tecnología del proceso
2. Análisis de riesgos del proceso
3. Procedimientos de operación y prácticas seguras
4. Administración de cambios de tecnología

### **Personal**

5. Entrenamiento y desempeño
6. Contratistas
7. Investigación de incidentes
8. Administración de cambios de personal
9. Planeación y respuesta a emergencias
10. Auditorias

### **Instalaciones**

11. Aseguramiento de calidad
12. Revisiones de seguridad de pre-arranque
13. Integridad mecánica
14. Administración de cambios menores

La implantación del sistema PEMEX-SSPA ha permitido a Petróleos Mexicanos mejorar su desempeño en materia de accidentalidad, lo que se ve reflejado en la tendencia a la baja de los índices de frecuencia de accidentes.

A diciembre de 2010, el índice de frecuencia de accidentes en PEMEX fue de 0.42 accidentes por millón de horas-hombre laboradas con exposición al riesgo, lo que representa el mejor desempeño de la empresa en su historia. (Petróleos Mexicanos, 2011).

Esto representa un 10.6% menor al alcanzado por la industria petrolera en 2008. Cabe destacar que desde la implantación del sistema PEMEX-SSPA en 2006 al cierre de 2010, el indicador de frecuencia de accidentes ha descendido 37%. (Petróleos Mexicanos, 2011).

## 2.3 INTEGRIDAD MECÁNICA

El equipo usado para el proceso, almacenamiento o manejo de productos químicos altamente peligrosos necesita estar diseñado, construido, instalado y recibir mantenimiento para minimizar el riesgo de que se presente alguna fuga. Para esto es necesario contar con un programa que asegure la integridad de los equipos de proceso.

La principal línea de defensa es operar y mantener el proceso como fue diseñado, la siguiente línea es controlar las posibles fugas a través de los sistemas de desfogue. Estas son las líneas primarias de defensa contra las fugas indeseadas.

Las líneas secundarias de defensa incluyen: sistemas de aspersores y de niebla, aspersores dirigidos, diques, sistemas de drenaje; estos permiten el control o la mitigación de una fuga que ya tuvo lugar. (OSHA, 2000).

Estas líneas primarias y secundarias de defensa son las que un programa de integridad mecánica busca proteger y fortalecer.

El elemento de integridad mecánica cubre la vida útil de los equipos e instalaciones, desde su instalación inicial hasta su desmantelamiento, se enfoca en garantizar que se mantenga la integridad del sistema para contener las sustancias peligrosas durante toda su vida útil. Se ocupa de temas como:

- a. Procedimientos de mantenimiento
- b. Entrenamiento y desempeño del personal de mantenimiento
- c. Procedimientos de control de calidad
- d. Inspecciones y pruebas a equipos y refracciones, incluyendo el mantenimiento preventivo y correctivo
- e. La ingeniería de confiabilidad

El mantenimiento preventivo y predictivo son importantes y necesarios para garantizar una operación confiable y libre de incidentes, sirven para evitar las fallas prematuras y ayudan a garantizar la operabilidad del sistema, necesario para el control de emergencias. El primer paso de un programa efectivo de integridad mecánica es recopilar y categorizar el equipo de proceso y su instrumentación.

La administración de la seguridad de los procesos dicta los requerimientos para la integridad mecánica y aplican para los equipos siguientes:

- Recipientes a presión y tanques de almacenamiento
- Sistemas de tuberías (incluyendo componentes de tubería)
- Sistemas de desfogue y venteo
- Sistemas de paro de emergencia
- Controles (incluyendo dispositivos, sensores y alarmas)
- Bombas

Se establecen e implementan procedimientos escritos para mantener la integridad de los equipos de proceso, los operadores deben ser capacitados con una perspectiva general del proceso y sus peligros, recibiendo entrenamiento para llevar a cabo los procedimientos aplicables en sus tareas diarias.

La frecuencia de las inspecciones y pruebas deben seguir las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas de ingeniería, pero sobre todo su necesidad la determina la experiencia operativa.

Cada prueba e inspección del equipo de proceso debe ser documentado, identificando la fecha de inspección, el nombre de la persona que realizó la prueba, el número de serie del equipo con el que se midió, la descripción de la prueba que se llevó a cabo y los resultados obtenidos.

En la construcción de plantas y equipo nuevo, se debe asegurar que estos son fabricados de acuerdo a las condiciones del proceso en donde serán operados. Se deben llevar a cabo las pruebas e inspecciones apropiadas para certificar que el equipo se instala adecuadamente y es consistente con las especificaciones de diseño aceptadas. Es necesario asegurarse que los materiales para

mantenimiento y partes de repuesto son las adecuadas para el proceso en el cual serán empleadas.

La inspección técnica es parte esencial de un programa de mantenimiento preventivo de líneas y equipos en una instalación industrial.

El mantenimiento preventivo es, a su vez, un componente clave para la integridad mecánica de las instalaciones, por ser un elemento básico de un Sistema de Administración de la Seguridad de los Procesos.

El propósito principal de la inspección técnica de líneas y equipos, es identificar los mecanismos de deterioro activos en éstos y como consecuencia poder predecir y especificar la necesidad de reparaciones, reemplazos o futuras inspecciones para los elementos afectados.

Todo esto antes de que puedan desarrollarse fallas más serias como la pérdida de contención de materiales peligrosos, con las respectivas consecuencias a los trabajadores, población de comunidades cercanas, el medio ambiente y a las actividades de la empresa.

Las evaluaciones de distintas fuentes, incluyendo consultores internacionales de riesgos, respecto al proceso actual de inspección en líneas y equipos en instalaciones de refinación de petróleo en México, han determinado de manera general que:

Existe gran variabilidad entre los centros de trabajo, relacionada con los procesos y prácticas de inspección en líneas y equipos, en cuanto a:

- La calidad del proceso y los resultados de la inspección.
- La interpretación de la normatividad interna “Guía para el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores” (DG-SASIPA-IT-00204 Rev.7).
- La solución de problemas no previstos en la normatividad.
- Las prácticas de administración de la información de las inspecciones, utilizando un sistema de archivo en papel, se consideran obsoletas.

Las mejoras en estas áreas resultarán en la implementación de un proceso de inspección:

1. Más efectivo, con mejores resultados (datos y análisis), enfocados a mayor seguridad de las plantas de proceso.
2. Más eficiente, en el logro del cumplimiento de los programas respectivos con los recursos disponibles actuales.
3. Con mejor control de la información, que de cumplimiento a los objetivos de resguardo y facilidad de acceso a los usuarios.
4. Que sirva como evidencia de implementación de mejores prácticas en caso de auditorías de gobierno, evitando multas o sanciones.
5. Que permita obtener una mejor calificación y reducción en las primas aplicables por las compañías aseguradoras.

## 2.4 CEASP<sup>4</sup>A

El grupo CEASP<sup>4</sup>A, Centro de Estudios para la Administración de la Seguridad de los Procesos Petroquímicos, Poliméricos y la Protección Ambiental, como lo han bautizado extraoficialmente sus miembros, es un grupo de trabajo de la Facultad de Química de la UNAM, dirigido por el Dr. M. Javier Cruz Gómez.

Este grupo se formó desde 1997 para realizar desarrollos tecnológicos aplicados y brindar soluciones a la industria química en el área de seguridad de los procesos, con un enfoque en la formación de estudiantes y profesionistas de excelencia, a través de su participación en proyectos de vinculación academia - industria.

Los principales servicios que ofrece son:

- a. Análisis de riesgos de plantas de proceso por las técnicas HazOp, What if?, análisis de consecuencias, árbol de fallas y árbol de eventos.
- b. Actualización y digitalización de diagramas de tuberías e instrumentación (DTI), diagramas de flujo de proceso (DFP), diagramas de localización de equipo (Plot Plan) e isométricos para inspección.
- c. Determinación del nivel de integridad de la seguridad, SIL, de los sistemas instrumentados de seguridad, SIS, mediante la técnica LOPA (Layers of Protection Analysis).
- d. Desarrollo de software especializado técnico-administrativo.
- e. Evaluación técnica de proyectos de inversión en el área de seguridad de procesos.
- f. Análisis químicos por cromatografía de líquidos y gases, y espectroscopia de infrarrojo.
- g. Desarrollo e investigación en ramas de petroquímica y polímeros, energéticos y de preservación del medio ambiente.

También lleva a cabo la impartición de cursos en:

- Seguridad Industrial
- Análisis de riesgos de procesos
- Investigación de incidentes
- Petroquímica
- Refinación del petróleo
- Polímeros
- Química orgánica

Desde 1999 la Facultad de Química de la UNAM a través del grupo CEASP<sup>4</sup>A, ha desarrollado diferentes proyectos de colaboración con PEMEX-Refinación en el Sistema Nacional de Refinación.

En el año 2003 se entablan pláticas entre el personal de la refinería de Minatitlán y el grupo CEASP<sup>4</sup>A para desarrollar una propuesta que dé atención a una recomendación derivada de la auditoría del reaseguro internacional en materia de seguridad de procesos, en su punto de integridad mecánica.

El Sistema Nacional de Refinación presentaba áreas de oportunidad de mejora en cuanto al manejo de la información de la integridad mecánica en sus centros de trabajo, se observaba que los expedientes de inspección de integridad mecánica de líneas y equipos era inadecuado por estar expuestos a pérdidas y daños en las carpetas que los contenían debido al manejo diario.

Por lo que se llega a la conclusión que debía implementarse un sistema moderno basado en sistemas de cómputo para administrar los expedientes de inspección y garantizar la integridad y disponibilidad de la información.

PEMEX a través de la Subdirección de Auditoría en Seguridad Industrial y Protección Ambiental (SASIPA), plantea la necesidad de homologar las prácticas para la inspección y medición de espesores de líneas y equipos, con la ayuda de algún software que debe estar configurado de acuerdo a estas prácticas.

La Facultad de Química de la UNAM, a través del grupo CEASP<sup>4</sup>A, después de cuatro años de investigación desarrolló el Sistema Integral de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE), que tiene como objetivo asegurar

el cumplimiento de la normatividad interna de PEMEX, así como incrementar la efectividad y eficiencia en los procesos de inspección técnica de líneas y equipos de proceso, a través de tecnologías informáticas de punta.

En 2009, después de un análisis detallado entre las ventajas y desventajas de los diferentes paquetes de software disponibles en el mercado, el SIMECELE se convierte en el sistema oficial para la medición y control de espesores en líneas y equipos de PEMEX-Refinación e inicia su implementación en todos sus centros de trabajo:

- 6 Refinerías (aproximadamente 200 plantas de proceso)
- 77 Terminales de almacenamiento y distribución
- Terminales marítimas
- Instalaciones de ductos

El proceso de implementación abarca un periodo de cuatro años (2009 a 2012) y se llevó a cabo por personal de ambas dependencias PEMEX-UNAM.

## 2.5 SISTEMA INTEGRAL DE MEDICIÓN Y CONTROL DE ESPESORES EN LÍNEAS Y EQUIPOS (SIMECELE)

El sistema integral de medición y control de espesores en líneas y equipos (SIMECELE), es un sistema que aprovecha las nuevas tecnologías para mejorar la administración, control de la información y actividades relacionadas con la integridad mecánica de las líneas y equipos en las instalaciones de PEMEX-Refinación.

Éste sistema se desarrollo para todo el personal intervenga en el análisis de medición de espesores en líneas y equipos, como el de USIPA (Unidad de Seguridad Industrial y Protección Ambiental), de inspección técnica y para el que realiza la medición de espesores.

Los principales beneficios que aporta el sistema son:

- Ahorro de tiempo en todas las tareas repetitivas relacionadas con la inspección técnica, como: medición, listas de verificación, dibujo de isométricos, generación de reportes, programación y planeación.
- Aumento en la confiabilidad de los datos obtenidos.
- Información disponible, confiable, clara y respaldada a disposición de quien lo necesite (mantenimiento, auditorias, reaseguro, gerencia, etc.).
- Aumento de seguridad y confiabilidad en los centros de trabajo.

El SIMECELE permite una administración más eficiente de los historiales de medición de espesores, así como de las actividades diarias de inspección técnica, ya que se pueden consultar de forma electrónica, los historiales y dibujos de inspección técnica, análisis estadísticos formales de las inspecciones, reportes y fechas de próxima medición.

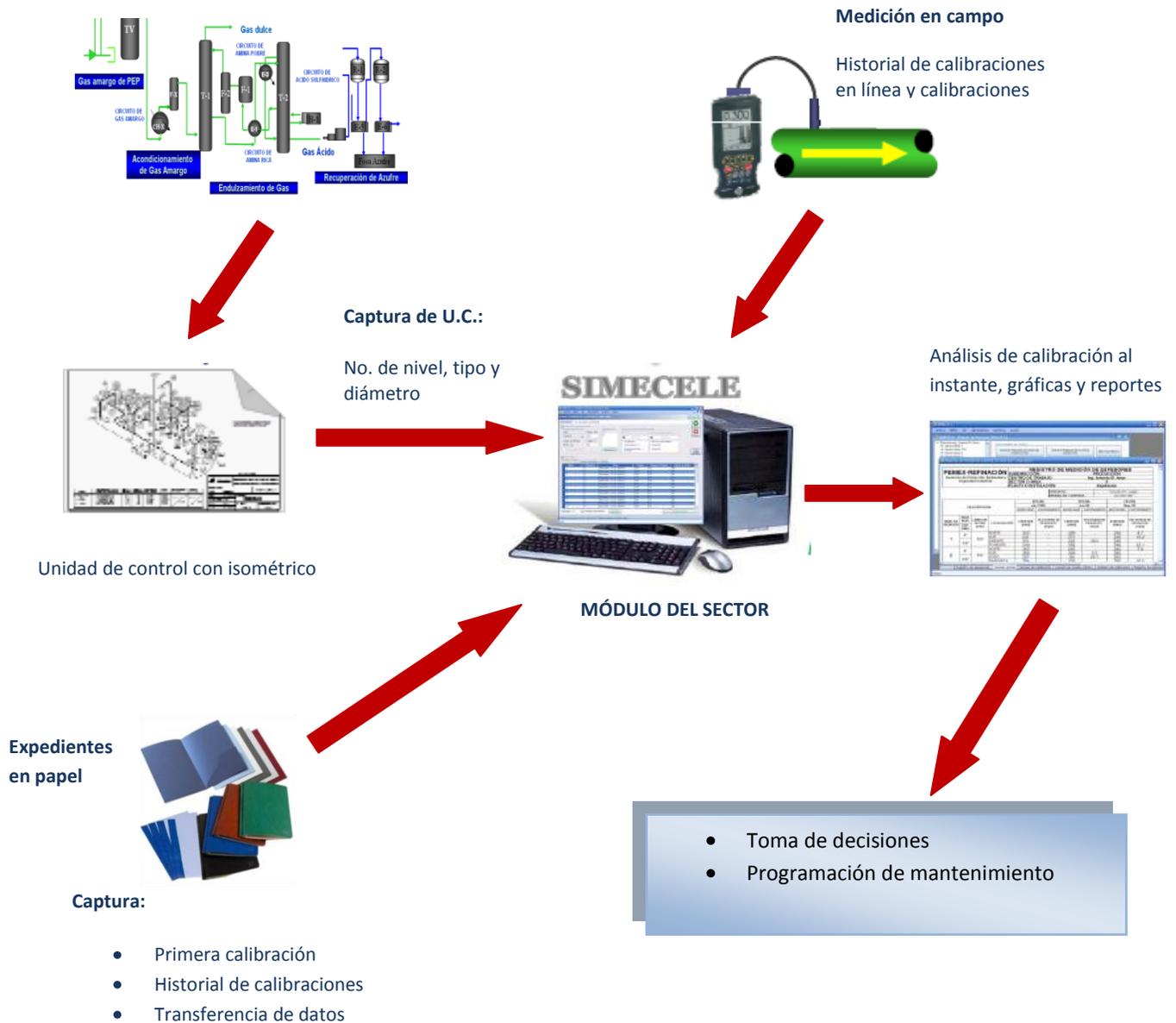
Es decir, se puede obtener información de una manera rápida acerca de todas las líneas o equipos que conforman una planta de proceso.

El acceso a ésta información de una manera rápida y confiable permite que el proceso de toma de decisiones sea más confiable y oportuno. Otros puntos importantes que cabe destacar son:

- El sistema está en español y utiliza la terminología de la normatividad interna de PEMEX Refinación y de uso común en el trabajo de calibración.
- Realiza el análisis estadístico y los reportes de calibración en mínimo tiempo y de acuerdo a la normatividad interna (GPASI-IT-00204).
- Se tiene acceso a consulta de los diagramas técnicos (isométricos, DFP y DTI) desde cualquier centro de trabajo de PEMEX a través de la intranet.
- Se puede ver el historial punto a punto para cualquier isométrico.
- El dibujo de los isométricos inteligentes para el sistema se puede realizar de una manera simple y sistemática en AutoCAD con una capacitación mínima.
- Y la más importante, es posible actualizar, mejorar o agregar nuevas funciones al sistema de acuerdo a las experiencias de uso, los requerimientos nuevos y las sugerencias de los usuarios en el área. Estas modificaciones pudieran ser desarrolladas por el área de tecnologías de la información de PEMEX.

Es importante mencionar que el SIMECELE fue diseñado para cumplir la normatividad vigente de PEMEX en materia de medición preventiva de espesores y su implementación garantiza homogeneizar los procesos y prácticas de inspección en líneas y equipos en los centros de trabajo del Sistema Nacional de Refinación.

Figura 2. Proceso de inspección técnica de líneas y equipos con SIMECELE



Fuente: Facultad de Química, Manual de usuario SIMECELE (UNAM, 2009) pp.167

## CAPÍTULO 3

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL

El concepto de calidad es difícil de definir ya que ha evolucionado a través del tiempo, valdría la pena ubicar cada definición según la época en que fue desarrollada. De una manera general se puede decir que un producto o servicio es de calidad cuando sus características, tangibles e intangibles satisfacen las necesidades de sus usuarios (Cantú, 1997).

En el proceso de evolución de la calidad, se pueden identificar cuatro etapas que están estrechamente ligadas con el desarrollo de la administración por sí misma:

- La era de la inspección (siglo XIX), caracterizada por la detección y solución de problemas generados por la falta de uniformidad del producto; es el resultado de los primeros desarrollos de la teoría de la administración fundamentada en los trabajos de Frederick Taylor y Henri Fayol. Ambas teorías separan la planeación, el control y el mejoramiento de la ejecución del trabajo, razón por la cual se utiliza la inspección como herramienta de control para la detección de errores.
- La era del control estadístico del proceso (años 30), cuyo enfoque era el control de los procesos por medio de métodos estadísticos para reducir los niveles de inspección; basado en los trabajos de William E. Deming y Walter Shewhart quien desarrolla el concepto de Control Estadístico de Proceso.

Determina que la calidad es un problema de variación que puede ser controlado y prevenido mediante la eliminación a tiempo de las causas que provocan dicha variación.

- La era del aseguramiento de la calidad (años 50), surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en el diseño, planeación y ejecución de políticas de calidad; tiene su base en los trabajos de Joseph Juran, quien plantea que es necesario adecuar las características de un producto al uso que le va a dar el consumidor para que dicho producto sea de calidad. La herramienta de control se enfoca en el diseño y especificación del producto. Armand Feigenbaum hizo notar que la calidad no se puede concretar si el proceso de manufactura se trata de controlar de forma aislada, desarrollando de esta manera el concepto de control total de la calidad.

En ésta misma etapa, se comienza a hablar de confiabilidad y disponibilidad, un producto es efectivo cuando realiza las funciones que indica su diseño, tiene una baja probabilidad de falla (alta confiabilidad), disponibilidad y un tiempo corto para su mantenimiento en caso de falla. Philip Crosby, autor que también se considera clásico, propone un programa enfocado en las relaciones humanas al que llama cero defectos y se basa en la premisa de realizar el trabajo bien a la primera vez.

Según Ishikawa “el control total de calidad es una revolución en la filosofía de la administración” (Palacios, 2006). Este cambio de ideología radica principalmente en la forma de ver el objetivo principal de la empresa, que ya no son las utilidades a corto plazo sino la calidad del producto, del consumidor y sus requerimientos. La premisa para alcanzar la calidad total es que cada departamento de la empresa entienda y actúe sabiendo que el siguiente departamento es su cliente o consumidor.

Otras aportaciones japonesas en esta etapa son los círculos de calidad, el concepto de KAIZEN de Masaaki Imai que da lugar al control de calidad a todo lo ancho de la compañía, las siete herramientas administrativas (7M) que dan pie al surgimiento de la siguiente era, la administración estratégica de la calidad total.

- La era de la administración estratégica de la calidad total (años 90), hace hincapié en el mercado y en las necesidades del consumidor, reconociendo el efecto estratégico de la calidad como una oportunidad de competitividad; durante la consolidación de esta etapa se han desarrollado gran cantidad de conceptos, técnicas y procedimientos cuya meta es dar un enfoque estratégico y de competitividad a la calidad total. Se puede mencionar entre otros el “justo a tiempo”, la comparación referencial (Benchmarking), la Reingeniería de procesos, los equipos de trabajo auto-dirigidos, calidad en el servicio, la cadena

de valor económico y la dirección estratégica de negocios basada en una visión y misión fundamentada en la calidad.

Un soporte fundamental para la competitividad ha sido la calidad total, que en forma general se puede considerar como un conjunto de técnicas y procedimientos para la planeación, el control y el mejoramiento de todas las actividades organizacionales, cuyo objetivo es entregar al cliente un producto o servicio que satisfaga sus necesidades y expectativas (Cantú, 1997).

Con este enfoque la administración actual busca el cambio de cultura organizacional para la formación de equipos de trabajo comprometidos con la planeación, el control y el mejoramiento de los diferentes procesos, para afrontar en conjunto el desafío de la competitividad que se demanda para el cumplimiento de la misión de la empresa.

## 3.2 MEJORAMIENTO CONTINUO

Una parte muy importante de cualquier sistema de calidad total es el mejoramiento constante en las actividades de todos los miembros que forman parte de una organización, para poder ofrecer un producto o servicio que cubra las necesidades del cliente.

Los japoneses dan gran importancia al KAIZEN; es un conjunto de conceptos, procedimientos y técnicas mediante las cuales se busca el mejoramiento continuo en todos los procesos productivos y de soporte a la operación de la empresa (Cantú, 1997).

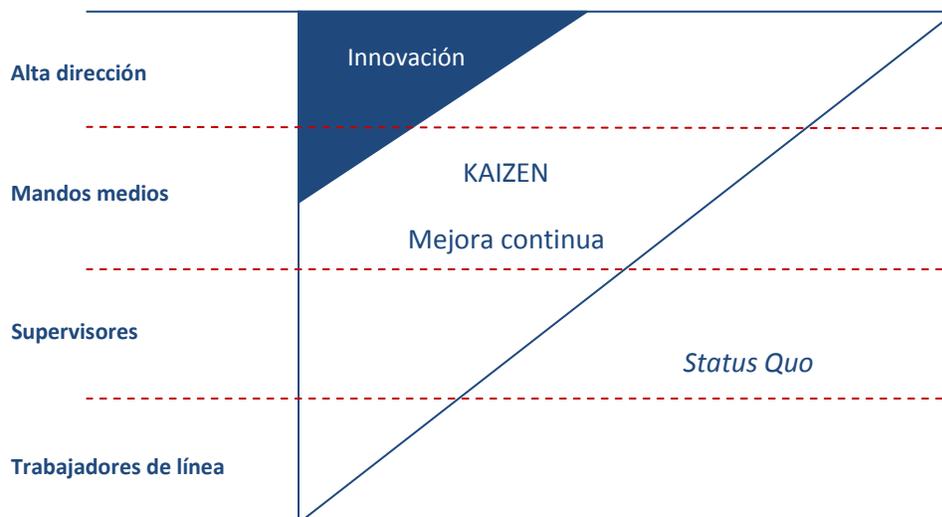
Una mejora KAIZEN es diferente a una innovación, ya que una mejora desde éste punto de vista significa la acumulación continua y gradual de pequeñas mejoras hechas por los empleados; los japoneses entienden el KAIZEN como un conjunto de retos diarios y la manera en se trata de lidiar con ellos, es una responsabilidad esencial de los mandos medios y supervisores, sin dejar de lado a los trabajadores de línea, ya que sólo requiere sentido común y la habilidad de desempeñar bien el trabajo.

Desde el punto de vista japonés, la pérdida de las circunstancias presentes ocurre en dos niveles generales. Uno es el KAIZEN o mejora continua y el otro es la innovación. De ésta forma las compañías exitosas son aquellas capaces de descubrir un balance efectivo entre los elementos que mantienen el *status quo* y las fuerzas que impulsan el cambio representadas por el KAIZEN y la innovación.

La innovación representa un cambio dramático y repentino que constituye un progreso, mientras que el KAIZEN significa una mejora lenta pero continua, ambos son esenciales para el buen funcionamiento de una empresa (Kogyo, 1992).

La figura siguiente muestra que si bien la alta dirección y los mandos medios son los encargados de generar la innovación, todos los empleados pueden y deben participar en el KAIZEN.

*Figura 3. Visión japonesa de la mejora continua y la innovación*



Fuente: Kogyo, Nikkan, KAIZEN TEINAN 1 (Productivity Press, 1992) pp. 7.

Las acciones diarias que permiten que los procesos sean más competitivos logran una mejora continua, la velocidad del cambio dependerá del número de acciones y de la efectividad de estas, por lo que es esencial que el KAIZEN se convierta en una filosofía de vida y de trabajo en todos los miembros de la organización.

La organización por su parte es responsable de proporcionar los medios (procedimientos estandarizados y técnicas de análisis) para que se puedan llevar a cabo sus propuestas de mejoramiento.

Los indicadores de desempeño (económico-financieros, productividad y satisfacción del cliente) son herramientas de la alta dirección para medir qué tanto se están cumpliendo con los propósitos de la empresa, se espera que un programa de mejora continua lleve a un mejor nivel estos indicadores.

Un programa de calidad tiene un indicador económico “costos de calidad” (Cantú, 1997), estos se clasifican en: a) costos de evaluación y prevención de la calidad,

que están relacionados con la medición de la calidad y b) costos por fallas, que aparecen como consecuencia de problemas de calidad.

Los costos por fallas pueden ser internos (desperdicio, re-trabajo, análisis de fallas, materiales por desperdicio y retrabajo, reinspecciones) y externos (costos por garantía, quejas de clientes, material devuelto, concesiones). Algunos autores afirman que las organizaciones que no se han involucrado en programas de mejoramiento continuo tienen costos totales de calidad que oscilan entre 20 y 30% de las ventas totales.

La mejora de la calidad trata de la forma en que se realiza el trabajo, optimizando los procesos dentro de la empresa. Sitúa todos los procesos, incluyendo los de gestión bajo un microscopio para detectar las oportunidades de mejora.

Las mejoras reales de la calidad implican que todo el mundo trabaje en equipo para determinar las causas de retrasos en los informes, errores de ingeniería, software defectuoso, sistemas ineficientes o lentos. Esta actitud debe convertirse en parte de la actividad diaria de todos los miembros de la empresa, comenzando siempre por la implicación de cada uno de ellos (Gómez, 2003).

Gómez Fraile (2003) dice que el proceso de mejora tiene tres elementos básicos:

1. Análisis de actividades departamentales, que proporciona una base al determinar cuál es la razón de la existencia de la organización.
2. Análisis de los procesos, donde se describen de una manera completa los procesos para poder establecer el escenario para la atención eficaz y el control de estos.
3. Resolución de problemas, plataforma para el logro de toda mejora, remarcando la importancia de conseguir soluciones prácticas y permanentes.

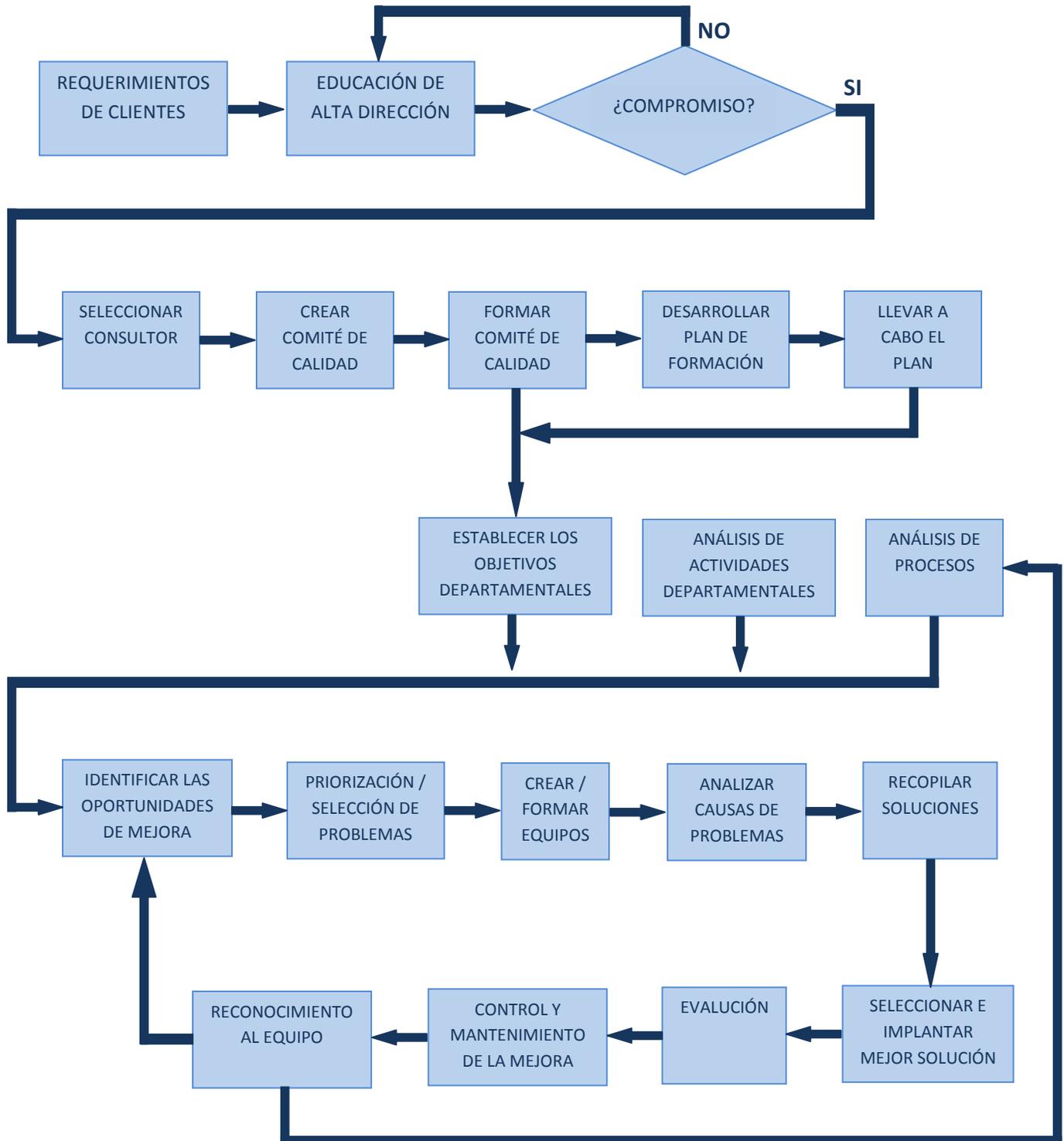
La mejora se puede dirigir aplicando cualquiera de los tres elementos anteriores, sin embargo, como ningún caso es igual cada directivo decide dónde y cuándo aplicar cada uno de ellos.

De forma ideal se debería iniciar con el análisis de actividades departamentales, continuar con el análisis de procesos y finalizar con la resolución de problemas.

El proceso de mejora continua tiene su inicio con la identificación y la resolución de problemas a través de un análisis de las actividades departamentales, ya que se han puesto en práctica las mejoras y evaluado su funcionamiento, la atención se enfoca en las nuevas áreas donde realizar mejoras y se transita nuevamente por las distintas etapas del proceso.

Este proceso se esquematiza en la figura siguiente:

Figura 4. Proceso de mejora continua



Fuente: Gómez Fraile, Fermín, 6σ SEIS SIGMA (CONFEMETAL, 2003) pp. 69

### 3.3 DEFINICIÓN DE PROBLEMA

Hasta la organización mejor administrada tiene problemas, un problema es cualquier situación en la cual lo que existe no es igual a lo que se desea, resolverlo en el contexto de la calidad total es una manera de hacer mejoras continuas en el lugar de trabajo (Goetsch, 1994).

Un problema se plantea de modo directo, en general sin mucha precisión, por eso tiene que redefinirse. En ésta etapa se pueden usar varias técnicas, algunas analíticas (objetivos a resolver y determinar límites) y otras de tipo creativo (pensamiento utópico o el empleo de metáforas). (Fernández, 2005).

Antes de iniciar el proceso de solución es conveniente escribir el problema tal como se presenta y reflexionar sobre las razones por las que debe ser resuelto.

Cuando el problema está definido y planteado de nuevo en términos correctos, hay que analizarlo. Se recomienda identificar sus diversas dimensiones para conocer sus causas y sus posibles efectos.

Una parte fundamental es el desarrollo de ideas, hay muchas técnicas que pueden emplearse en función de las características del problema, algunas son apropiadas para el trabajo individual, otras para el trabajo en grupo, todas tienden a generar el mayor número posible de ideas, de las que hay que sacar una posible solución.

Después de analizar las diversas alternativas, la solución debe aplicarse. Pero antes es recomendable considerar los posibles problemas potenciales que surgirán y también las eventualidades.

El proceso no termina ahí, es preciso comprobar que la solución funciona, por el problema en sí mismo y por la mejora del proceso de solución de problemas.

Si la solución adoptada no ha resuelto el problema, hay que realizar las adaptaciones necesarias o reiniciar el proceso para encontrar la mejor solución.

### 3.3.1 Clases de problemas

En general se tienen dos clases de problemas:

1. Los problemas con enfoque negativo, cuando se presenta una situación contraria, presente o esperada y queremos eliminarla o reducirla; por ejemplo: solo tenemos un 15% de cuota de mercado.
2. Problemas con enfoque positivo, se presentan cuando se quiere mejorar una situación actual o prevista; por ejemplo: la compañía se encuentra situada en el segundo lugar del ranking y se quiere llegar al primer lugar.

Desde otro punto de vista, los problemas también se pueden clasificar en:

- Problemas presentes
- Problemas futuros:
  - Amenazas, problemas que aún no se han presentado, pero existe una gran probabilidad de que se produzcan.
  - Contingencias, problemas que tienen una mínima posibilidad de que ocurran pero si se presentan tienen una gravedad importante.

### 3.3.2 Evaluación de los problemas

No todos los problemas tienen la misma importancia, por lo que es necesario clasificarlos y seleccionarlos. Los problemas presentes tienen que ser evaluados en función de tres criterios:

1. La importancia o medida en que puede afectar a los objetivos de la organización.
2. La calificación, es decir, el nivel de gravedad del problema.
3. La evolución, cómo se va a desarrollar en el futuro si no se hace nada por solucionarlo.

---

En lo que se refiere a los problemas futuros, la evaluación debe hacerse considerando los tres criterios siguientes:

1. La proximidad, es decir, si el problema es inmediato o transcurrirá algún tiempo antes de que se produzca.
2. La gravedad que presentará cuando aparezca.
3. La probabilidad de que el problema se llegue a presentar.

### 3.4 LAS SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS

Ishikawa (1986), menciona que los métodos estadísticos son herramientas eficaces para mejorar el proceso de producción y reducir sus defectos, pero es necesario tener en cuenta que no servirían si se usan inadecuadamente. El primer paso para encontrar la verdadera causa es una observación cuidadosa del fenómeno. Las herramientas estadísticas dan objetividad y precisión al análisis, ya que parten de las premisas estadísticas siguientes:

- Dar mayor importancia a los hechos que a los conceptos abstractos.
- No expresar los hechos en términos de sentimientos o de ideas, es más adecuado utilizar cifras derivadas de los resultados específicos de la observación.
- La finalidad de la observación es encontrar los componentes ocultos.

Los productos defectuosos son causados por variaciones, si logramos reducir éstas, los resultados serán positivos. Éste es un principio sencillo y sólido, aplicable cualesquiera que sean los tipos de bienes o las clases de métodos de producción utilizados.

Debido a que el problema de los productos defectuosos se encuentra con frecuencia en áreas en las cuales no hay experiencia previa, lo que se necesita es la decisión de reducir el número de productos defectuosos y una actitud de observación de la situación real en forma objetiva empleando métodos estadísticos para el análisis.

La habilidad para analizar las cosas desde el punto de vista estadístico es más importante que los métodos individuales. Además, es necesario ser franco para reconocer los problemas y variaciones, así como para recoger información sobre ellos.

Es substancial identificar la causa de mayor importancia y el análisis que permite hacerlo se lleva a cabo con el uso de las siete herramientas básicas.

El análisis de la causa permite entender la estructura del proceso, un punto muy importante es la recolección o toma de datos que nos lleven a encontrar la relación entre la causa y el efecto, a partir de esta relación se generará la acción correctiva que debe ser llevada a cabo según lo planificado. En caso de que la acción correctiva no resultara efectiva se debe realizar un nuevo análisis con el fin de generar una nueva acción correctiva.

Las siete herramientas básicas de calidad, surgen como una necesidad de contar con procedimientos claros y objetivos para el análisis y solución de problemas en programas de mejoramiento continuo.

Con el uso de las siete herramientas básicas se pueden resolver el 95% de los problemas que se presentan en una organización (Ishikawa, 1986).

Las siete herramientas básicas para el control de la calidad son:

1. Histograma
2. Diagrama de Pareto
3. Diagrama de causa–efecto o de Ishikawa
4. Hojas de comprobación o lista de verificación (check list)
5. Gráficas de control
6. Diagrama de dispersión
7. Estratificación de datos

### 3.4.1 Histograma

Cuando se analiza un problema el primer paso es recolectar datos que permiten cuantificarlo, es importante que estos tengan un orden ya que desordenados no proporcionan suficiente información sobre la gravedad del problema.

Si se cuenta con datos asociados con una misma variable pero que entre sí son diferentes debido al proceso del que fueron obtenidos, reflejan la distribución de probabilidad que rige el comportamiento del proceso.

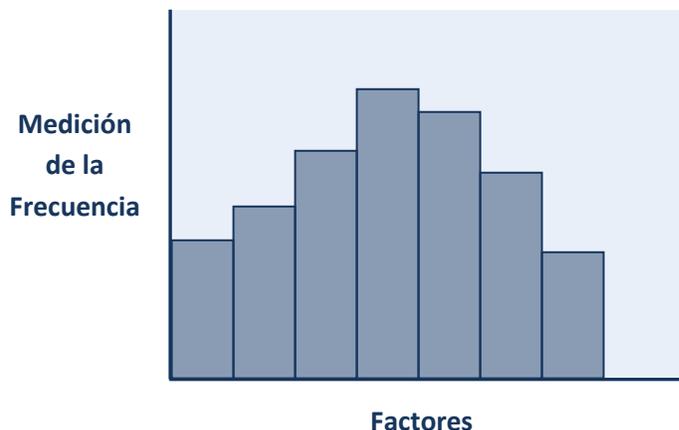
Los histogramas son gráficos de barras verticales que muestran la distribución de un conjunto de datos. Sirven para presentar la frecuencia con que algo sucede, muestra los datos de acuerdo a su ocurrencia, con lo cual se puede apreciar el conjunto y su variabilidad.

Se utiliza para mostrar la tendencia de los datos medidos de un factor relevante, para analizar cambios en el proceso de un periodo a otro y detectar si las variables del proceso se comportan uniformemente. Es una herramienta muy útil de comunicación visual ya que la forma que tome el gráfico proporciona evidencias sobre la distribución de probabilidad del proceso de donde proviene la muestra.

Es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más a detalle o tomar decisiones, también permite la comparación de resultados de un proceso con las especificaciones establecidas de manera previa para el mismo. Mediante el histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.

Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.

*Figura 5. Histograma*



Fuente: Ishikawa, Kaoru, ¿Qué es control total de la calidad? (Norma, 1986) pp. 47

### 3.4.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica de barras que ilustran las causas de los problemas por orden de importancia y frecuencia (porcentaje) de aparición, costo o actuación. Debe su nombre al economista italiano del siglo XVIII Wilfredo Pareto, quien observó que el 80% de la riqueza de una sociedad estaba en manos del 20% de las familias.

Juran toma este principio y lo aplica a la mala distribución de las causas de un problema al decir que el 80% de los efectos de un problema se deben a solamente al 20% de las causas involucradas.

Es utilizado en programas de mejoramiento de la calidad para identificar y separar en forma crítica los pocos proyectos que provocan la mayor parte de los problemas de calidad.

Es una gráfica de dos dimensiones que se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda con aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, y van disminuyendo en orden de magnitud. El

eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la dimensión del efecto provocado por las causas, mientras que el lado derecho refleja el porcentaje acumulado del efecto de las causas empezando por la de mayor extensión.

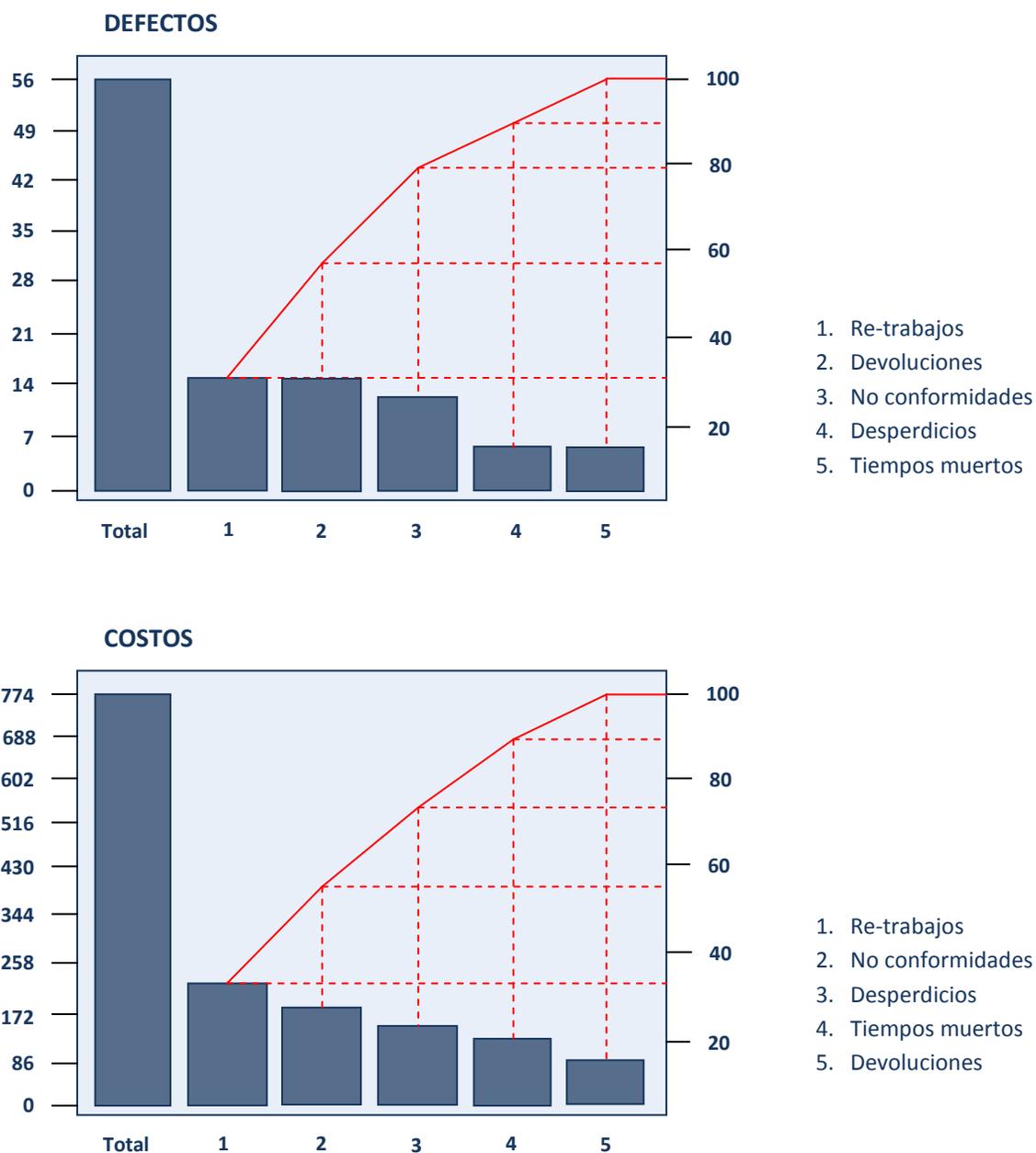
Se emplea sobre todo cuando las causas del problema pueden cuantificarse, si un equipo de trabajo necesita identificar las causas más significativas de un problema y en base a eso decidir sobre cual trabajar primero.

Como sus principales ventajas se puede mencionar que canaliza los esfuerzos hacia los pocos vitales, ayuda a priorizar y a señalar la importancia de cada una de las áreas de oportunidad, es el primer paso para la realización de mejoras, se aplica a todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora y permite la comparación entre el antes y después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr las mejoras.

Miranda (2006), sugiere se muestren dos tipos de diagramas de Pareto, el primero que indique claramente el total de defectos, por ejemplo: tiempos muertos, re-trabajos, desperdicios, devoluciones y cualquier no conformidad, pero también el costo que representan esas no conformidades, de ésta manera se tendrá el panorama completo de lo que no está bien o no se hace bien.

Un análisis teniendo los dos diagramas permite saber cuál y qué tipo de defecto se atacará primero, ya sea por su incidencia en el número de defectos o por el costo total que representan.

*Figura 6. Diagrama de Pareto para defectos y costos representativos de dichos defectos*



Fuente: Miranda, Luis, SEIS SIGMA (Panorama, 2006) pp. 59

### 3.4.3 Diagrama de causa-efecto

El diagrama de causa–efecto o diagrama de Ishikawa, es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Se utiliza para ordenar las ideas que resultan de un proceso de lluvia de ideas al dar respuesta a alguna pregunta de partida que se plantea el grupo que realiza el análisis.

Ishikawa recomienda que las causas potenciales se clasifiquen en seis categorías, que comúnmente se les conoce como las 5M: materiales, maquinaria, métodos de trabajo, medición y mano de obra.

En un ambiente no manufacturero, las categorías de causas potenciales podrían incluir: políticas, personal, procedimientos y planta (Vega, 1999).

La construcción de un diagrama de causa–efecto no está establecida por lo que se puede desarrollar libremente, sin embargo, la estructura que ha sido adoptada por ser fácil de crear y poderosa al mostrar claramente los factores que afectan la calidad de un producto es la siguiente:

**Paso 1.** Disponer con el diagrama de Pareto, del problema a analizar.

**Paso 2.** Se definen las categorías o factores que se cree podrían estar causando el problema.

**Paso 3.** Se escriben con mayor detalle las causas en cada rama definida por las categorías. Las categorías se pueden subdividir aún más si se piensa que ello puede ayudar a depurar el origen del problema.

**Paso 4.** Se procede a seleccionar las causas que se consideran las más probables y se les da un orden de importancia.

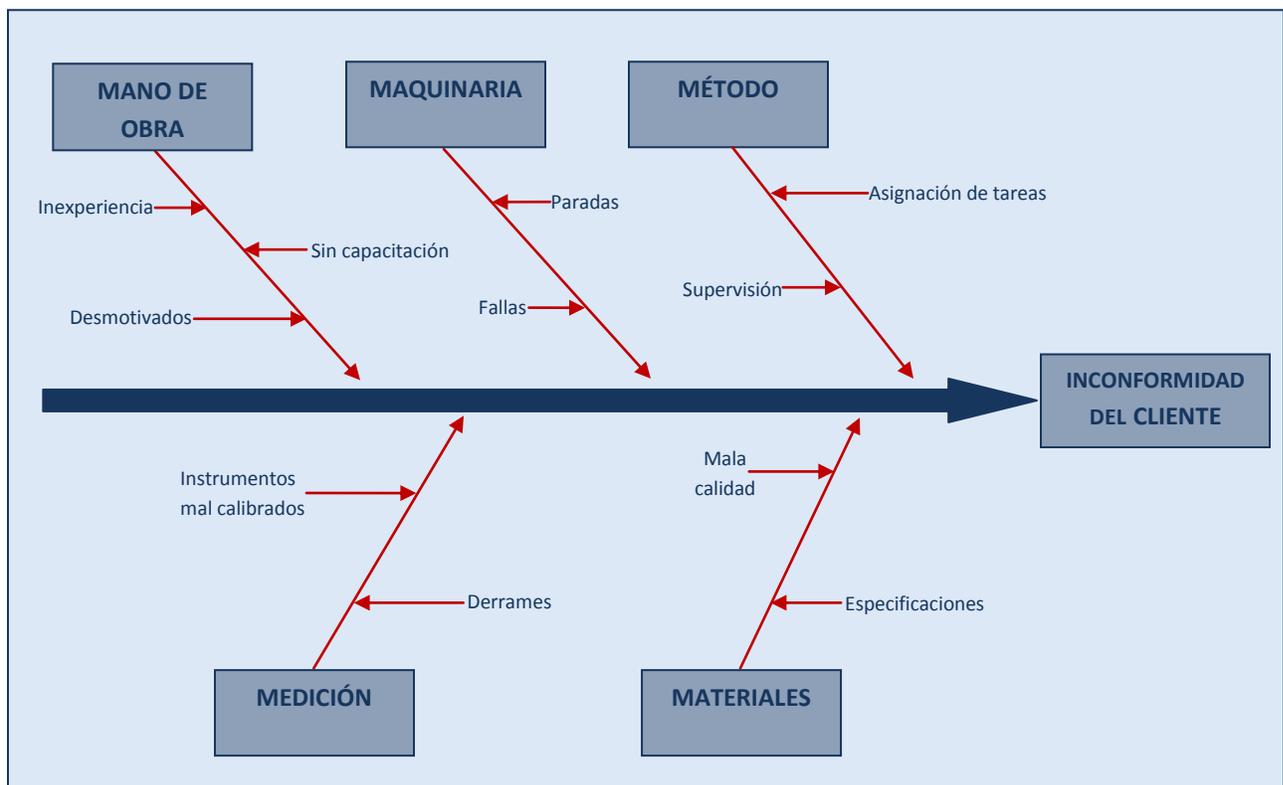
**Paso 5.** Cada una de las causas se analizan según su orden de importancia, una vez analizadas se puede encontrar que el problema desapareció, disminuyó o se mantiene igual en cuyo caso se recomienda analizar nuevamente las causas.

Las principales ventajas del diagrama de causa–efecto son:

- Permite que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del mismo ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.

- Ayuda a determinar las causas principales de un problema, o las características de calidad a mejorar, utilizando un enfoque estructurado.
- Estimula la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso.
- Incrementa el grado de conocimiento sobre un proceso.

*Figura 7. Diagrama de causa – efecto (Ishikawa)*



Fuente: Ishikawa, Kaoru, pp. 58

### 3.4.4 Hojas de verificación

Una hoja de verificación (también llamada de comprobación o chequeo) es un formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos.

Ésta técnica de recolección de datos se prepara de manera que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro.

Supone un método que proporciona datos fáciles de comprender y que son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser aplicado a cualquier área de la organización. Las hojas de verificación reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.

En la mejora de la calidad, se utiliza tanto en el estudio de los síntomas de un problema, como en la investigación de las causas o en la recolección y análisis de datos para probar alguna hipótesis. También se usa como punto de partida para la elaboración de otras herramientas, como por ejemplo los gráficos de control.

Algunos de los usos de las hojas de chequeo en procesos productivos son los siguientes:

- Para verificar la distribución del proceso de producción y elaborar el histograma correspondiente.
- Para registrar la ocurrencia de defectos.
- Para verificar las causas de los defectos.
- Para representar en forma gráfica, la localización de los defectos sobre una pieza en particular.
- Para asegurar que se han realizado las actividades programadas de una cierta operación.

### 3.4.5 Gráficas de control

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permite distinguir entre las causas de variación.

Todo proceso tendrá variaciones, éstas se pueden agrupar en aleatorias y específicas. Las aleatorias son causas desconocidas y con poca repercusión, debidas al azar y presentes en todo proceso, son difíciles de identificar y eliminar.

Las causas específicas normalmente no deben estar presentes en el proceso ya que provocan variaciones significativas, son fácilmente identificadas y eliminadas.

Los gráficos de control fueron ideados por Shewhart durante el desarrollo del control estadístico del proceso. Han tenido una gran difusión y son utilizados en el control de procesos industriales.

Sin embargo, con la extensión a las empresas de servicios y en unidades administrativas y auxiliares, se han convertido en métodos de control aplicables a procesos llevados a cabo en estos entornos.

Existen diferentes tipos de gráficos de control:

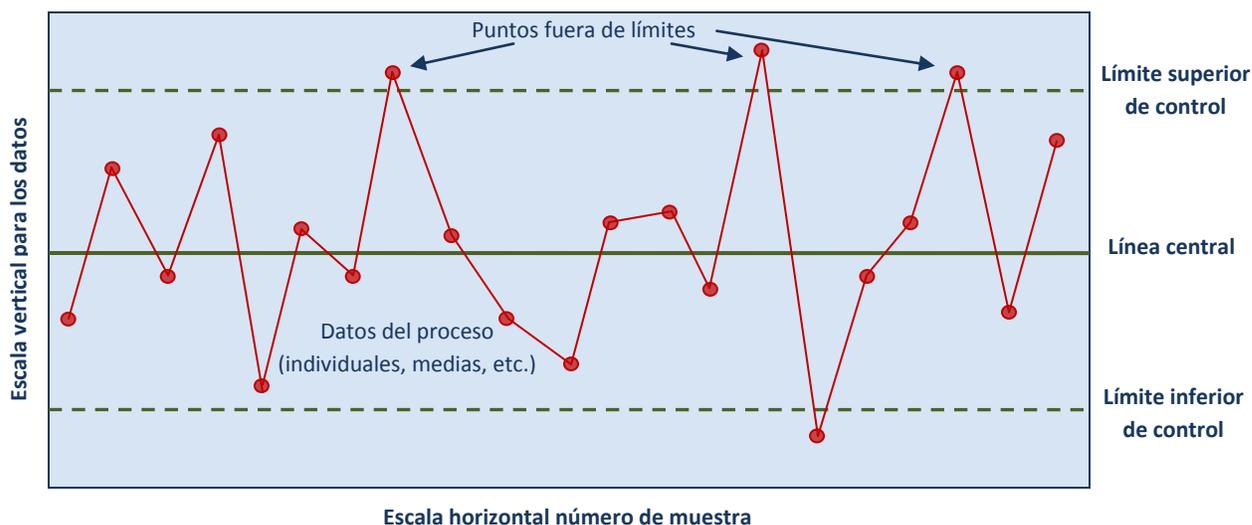
- Datos variables. Que a su vez pueden ser de media y rango, mediana y rango y valores medidos individuales
- Datos por atributos. De estilo aceptable / inaceptable, si / no, etcétera

Los gráficos de control permiten distinguir entre causas aleatorias y específicas de variación de los procesos, lo que permite sean utilizados como guía en la toma de decisiones de la dirección. Distinguir estos dos tipos de causas indica cuando es necesario actuar en un proceso para mejorarlo y cuando no, pues sobreactuar en un proceso estable provoca más variación.

Los gráficos de control son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas, así como para estimar la capacidad del proceso.

Ayudan a la mejora de procesos, de forma que se comporten de manera uniforme y previsible para una mayor calidad, menores costos y mayor eficacia.

*Figura 8. Gráfica de control*



Fuente: Miranda, Luis, pp. 63

### 3.4.6 Diagrama de dispersión

El diagrama de dispersión es una técnica estadística para estudiar la relación entre dos variables, al utilizarlo se tiene una comprensión más profunda del problema planteado.

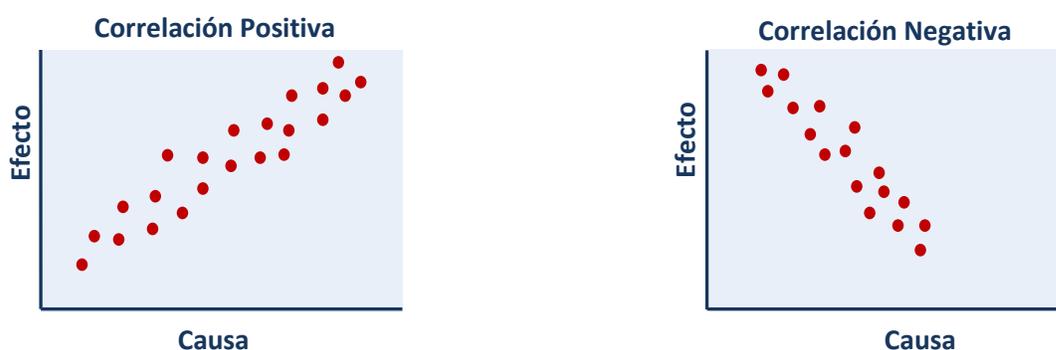
A veces interesa saber si existe algún tipo de relación entre dos variables. Por ejemplo, puede ocurrir que dos variables estén relacionadas de manera que al aumentar el valor de una, se incremente el de la otra. En este caso se habla de la existencia de una correlación positiva.

También podría ocurrir que al producirse una en un sentido, la otra derive en el sentido contrario; entonces se estaría ante una correlación negativa.

Si los valores de ambas variables se revelan independientes entre sí, se afirmaría que no existe correlación.

Por otro lado, los puntos en un diagrama de dispersión se pueden encontrar muy cerca de la línea recta que los atraviesa o muy separados, esto indica el grado de correlación que tienen.

*Figura 9. Diagramas de dispersión con correlación positiva y negativa*

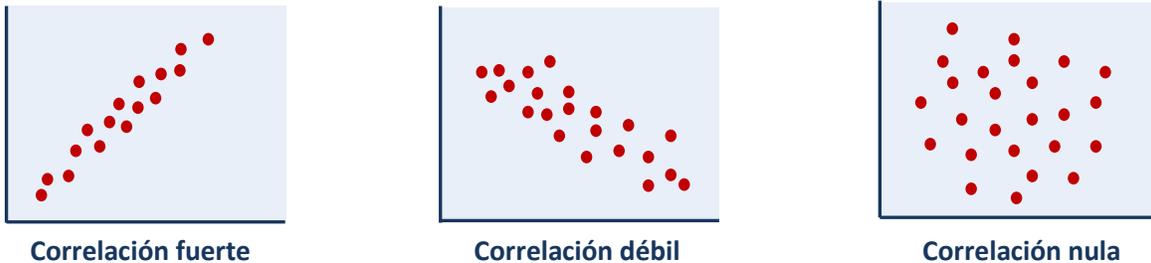


Fuente: Cantú, Humberto, Desarrollo de una cultura de calidad (McGraw Hill, 1997) pp. 237

La correlación se utiliza para cuantificar el grado en que una variable provoca el comportamiento de la otra y puede ser fuerte, débil o nula. Por ejemplo, si se encuentra que la variable temperatura tiene una correlación positiva con el porcentaje de artículos defectuosos, se deben buscar soluciones al problema mediante acciones asociadas con la variable temperatura.

Es una forma sencilla y gráfica de visualizar la relación que existe entre dos variables y ayuda a buscar soluciones que eliminen las causas reales de los problemas y no las que la intuición o una supuesta experiencia indiquen.

*Figura 10. Grado de correlación entre dos variables*



Fuente: Cantú, Humberto, pp. 238

### 3.4.7 Estratificación de datos

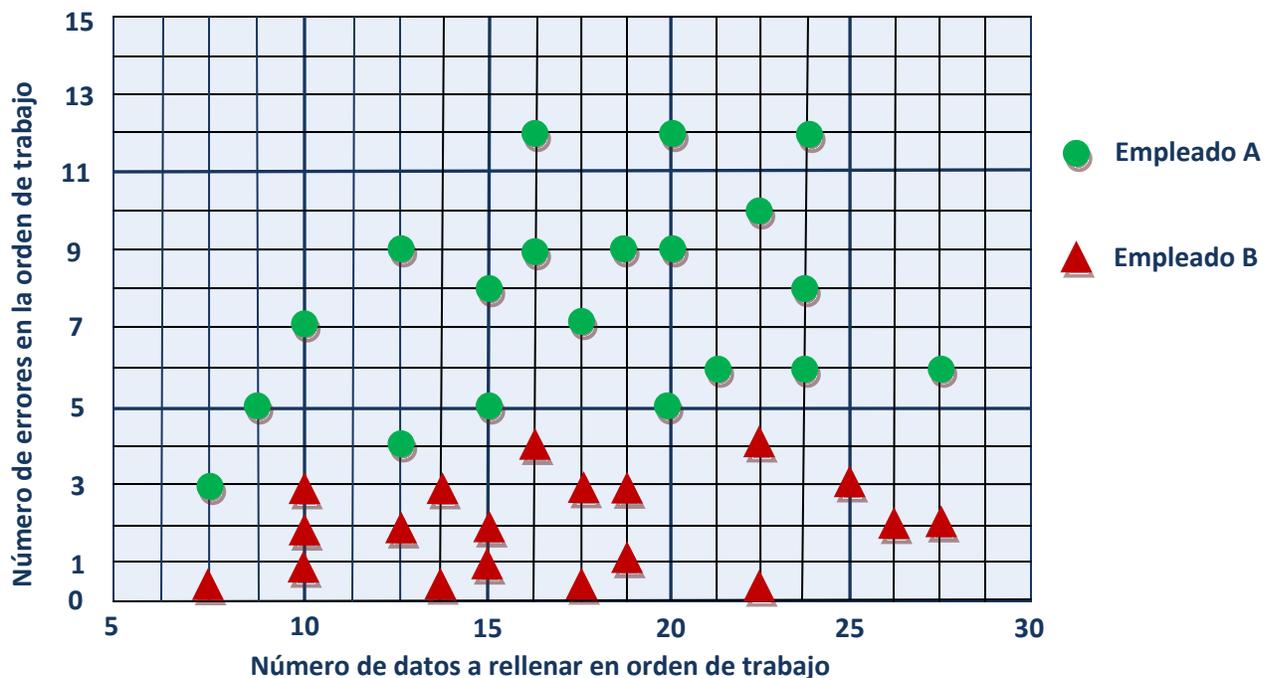
Es un método consistente en clasificar los datos disponibles por grupos con similares características. A cada grupo se le denomina estrato. Los estratos a definir lo serán en función de la situación particular de que se trate, pudiendo establecerse estratificaciones atendiendo a:

- Personal
- Materiales
- Maquinaria y equipo
- Áreas de gestión
- Tiempo
- Entorno
- Otros

Una de sus principales ventajas es que permite aislar la causa de un problema, identificando el grado de ciertos factores en el resultado de un proceso.

La estratificación puede apoyarse y servir de base en distintas herramientas de calidad, sin embargo, el histograma es el modo más habitual de presentarla.

*Figura 11. Diagrama de estratificación de datos*



Fuente: Ryan, Thomas, Statistical methods for quality improvement (John Wiley&Sons, 2011) pp. 25

### 3.5 LAS SIETE NUEVAS HERRAMIENTAS

Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad son herramientas de segunda generación utilizadas por grupos formados en el seno de una organización con el objetivo de resolver los problemas durante la etapa de planificación del ciclo de mejora de la calidad.

Aún cuando las herramientas básicas ayudan a resolver la mayoría de los problemas que se presentan en una empresa, algunos no pueden ser resueltos con estas técnicas, principalmente los de naturaleza intangible y compleja por su alto grado de interrelación con otros problemas.

Las siete nuevas herramientas sirven para apoyar la función de liderazgo de la calidad, mientras que las siete herramientas básicas son usadas para resolver problemas operativos.

Esta segunda generación de herramientas, son capaces de tratar con datos por lo general del tipo cualitativo y de difícil tratamiento (ideas u opiniones). Fueron desarrolladas por los japoneses mediante la incorporación de técnicas usadas en la planeación estratégica y buscan atender la creación de valor agregado para la satisfacción de las necesidades de los clientes y la prevención en lugar de la corrección en todas las operaciones de la organización.

Han probado ser útiles para los directivos, no importa de que nivel, sin embargo, donde mejor han funcionado es entre directivos de nivel medio a alto, parece que el motivo es que éstas no sustituyen a las básicas, si no que las complementan por el manejo de datos del tipo idea o temas. (Vilar, 1997).

Las herramientas muestran su mayor eficacia cuando se utilizan en conjunto como una metodología de resolución de problemas.

La realidad es que en cualquier programa de mejora es necesario el esfuerzo de todos, por lo que resulta lógico seleccionar las herramientas más indicadas relacionadas con el problema a solucionar.

Las siete nuevas herramientas administrativas son:

1. Diagrama de afinidad o método KJ
2. Diagrama de relaciones
3. Diagrama de árbol
4. Diagramas matriciales
5. Matriz de análisis de datos
6. Gráfica de programación de decisiones de proceso
7. Diagrama de flechas

### **3.5.1 Diagrama de afinidad**

Esta herramienta también conocida como la técnica KJ, fue creada por el japonés Jiro Kawakita para generar pro actividad en el grupo que realiza tareas de planificación.

En general, se aplica en la organización de datos verbales como ideas, opiniones, pensamientos, etc., provenientes de una situación confusa, compleja o desordenada para su posterior análisis en función de su afinidad. Éste análisis facilita el reconocimiento de las estructuras básicas cuando se exploran problemas o situaciones complejas.

El diagrama de afinidad sirve para identificar de manera precisa un problema a partir de una situación caótica a través de: acumular una gran cantidad de información verbal entremezclada, organizar los datos en grupos basados en relaciones naturales y lograr que posteriormente se pueda efectuar un análisis y encontrar posibles soluciones.

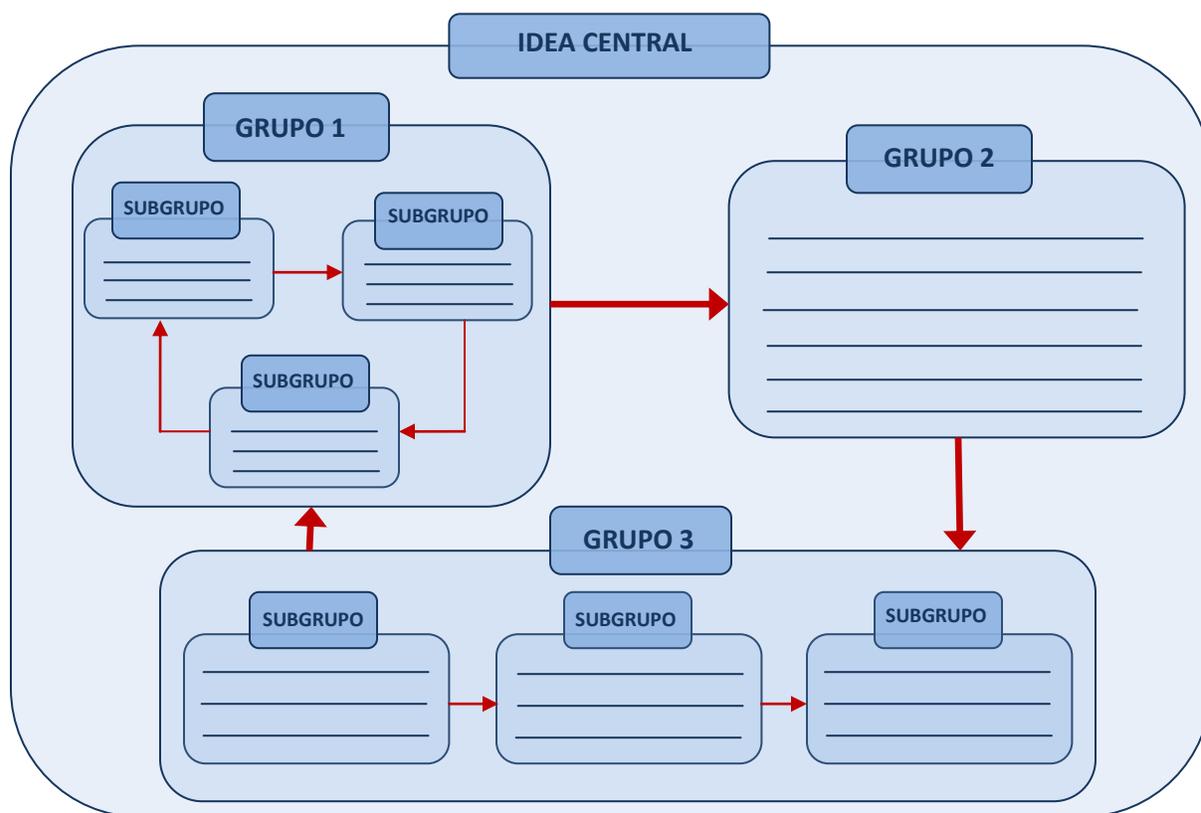
Los principales beneficios de utilizar un diagrama de afinidad son:

- Facilita el pensamiento analítico y estimula nuevas ideas
- Permite que el problema sea definido con exactitud

- Asegura que todos reconozcan claramente el problema
- Incorpora las opiniones de todo el grupo y fortalece el espíritu lo que motiva a la acción

Un diagrama de afinidad es una forma de organizar la información obtenida en un proceso de lluvia de ideas. Está diseñado para reunir hechos, opiniones e ideas sobre áreas que se encuentran en un estado de desorganización, cuando existen muchos temas complejos y la necesidad de un consenso.

*Figura 12. Diagrama de afinidad*



Fuente: Cantú, Humberto, pp. 247

El uso del diagrama de afinidad ayuda a agrupar aquellos elementos que están relacionados de forma natural, se debe utilizar cuando el problema es complejo o difícil de entender, parece estar desorganizado, requiere de la participación y soporte de todo el equipo.

El diagrama de afinidad parte de datos dispares y utiliza tarjetas para reorganizarlos en grupos con una idea común. Es una herramienta muy útil cuando se dispone de una gran cantidad de información proveniente de diferentes fuentes. Por ejemplo: necesidades, expectativas o exigencias de clientes tomadas de reclamaciones, problemas de garantía, encuestas de opinión, etc. El análisis de estos datos no es sencillo, ya sea por el tipo o por la disparidad de las fuentes y ésta herramienta es muy útil a la hora de analizar y extraer información.

### **3.5.2 Diagrama de relaciones**

El diagrama de relaciones junto con el diagrama de afinidad son herramientas que se utilizan en la planificación general. Permite apreciar la relación lógica entre una serie de problemas o actividades enlazadas como causas y efectos. Determina que idea tiene influencia sobre otra, representando esta relación mediante una flecha en la dirección de la influencia.

Las ideas unidas por flechas de este tipo forman un gráfico que al ser interpretado, identifica las ideas críticas como aquellas que tienen la mayoría de las flechas saliendo o entrando en ellas. Expresa libremente las relaciones entre causas y efectos, ayudando a descubrir la causa principal que afecta la situación en su totalidad.

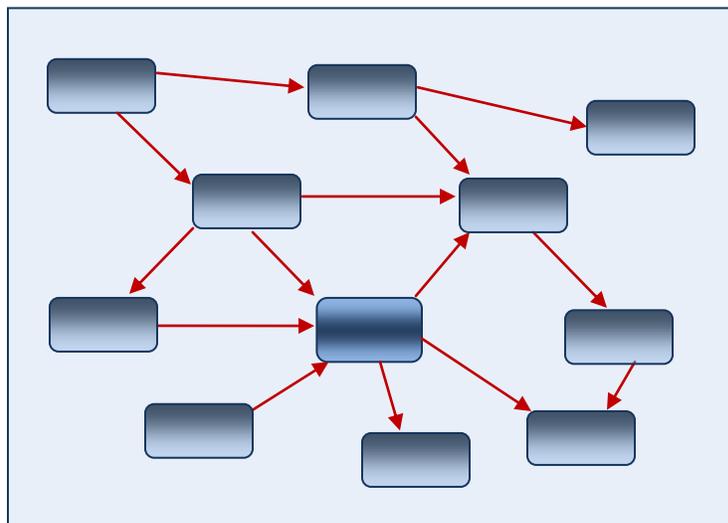
Su objetivo es identificar las distintas categorías en las que pueden agruparse las ideas representadas, siendo de gran utilidad realizar un diagrama de afinidad y un diagrama de relaciones a partir de un mismo conjunto de ideas, comparando los resultados obtenidos.

En un proceso de solución de problemas la construcción del diagrama de relaciones puede ser muy útil ya que identifica y prioriza los problemas. “Su capacidad para mostrar y relacionar problemas dentro de una situación

determinada puede facilitar el establecimiento de una secuencia de actuación para obtener el cambio de la misma.” (Diagrama de relaciones, 2011).

Ayuda en el análisis e identificación de las causas raíz de un problema, así como para considerar soluciones alternativas y sus posibles efectos secundarios o en su caso para identificar y enfrentar la resistencia al cambio. Cuando no se hace un análisis profundo de las relaciones se pueden llegar a desarrollar diagramas muy complejos con un gran número de flechas de conexión, lo que lleva a deficiencias en la interpretación por la dificultad de identificar los factores clave.

*Figura 13. Diagrama de relaciones*



Fuente: Vilar, Francisco, Las 7 nuevas herramientas para la mejora de la calidad (CONFEMETAL, 1997) pp.46

### 3.5.3 Diagrama de árbol

El diagrama de árbol o sistemático, es una técnica que permite obtener una visión de conjunto de los medios necesarios para alcanzar una meta o resolver un problema. Tiene una apariencia similar a la de un organigrama funcional de una organización.

La pregunta que desencadena el proceso es: ¿Cuál es el componente principal de esta idea?, a continuación responder la pregunta: ¿Cómo deberá llevarse a la práctica esta idea? (Vilar, 1997).

Partiendo de una información general, como la meta a alcanzar, se incrementa gradualmente el detalle sobre los medios necesarios para su obtención. Gráficamente se representa como el tronco a la meta general y se continúa con la identificación de niveles de acción más precisos que son las ramas.

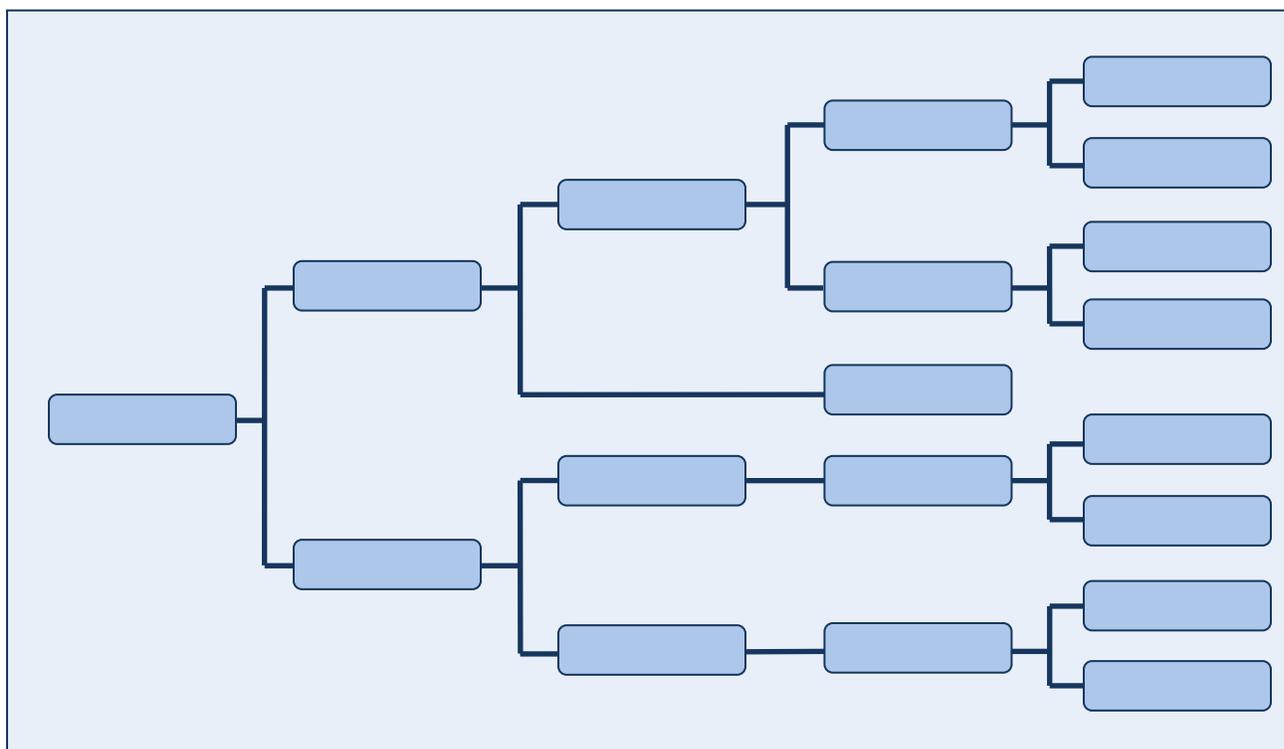
Las ramas del primer nivel constituyen medios para alcanzar la meta pero, a su vez, éstos medios también son metas intermedias que se alcanzarán gracias a los medios de las ramas del nivel siguiente. Se continúa con el proceso hasta llegar a concretar los medios a emplear para alcanzar la meta final.

El diagrama de árbol es fundamental en la identificación de aquellos elementos que pudieran haberse olvidado durante el proceso de tormenta de ideas previo al diagrama de afinidad o al de relaciones.

Durante el proceso de solución de problemas es útil como guía para encontrar las acciones de mejora, la identificación de causas raíz y encontrar soluciones.

Sus principales ventajas son: exhorta a los integrantes del equipo a ampliar su modo de pensar al crear soluciones, mantiene a todo el equipo vinculado a las metas y sub metas generales de una tarea y mueve al equipo de planificación de la teoría al mundo real.

Figura 14. Diagrama de árbol



Fuente: Cantú, Humberto, pp. 255

### 3.5.4 Diagramas matriciales

El diagrama matricial es quizá la herramienta más utilizada y conocida de las siete, enfrenta dos conjuntos de ideas y las compara con el objetivo de decidir si existe correlación entre ellas.

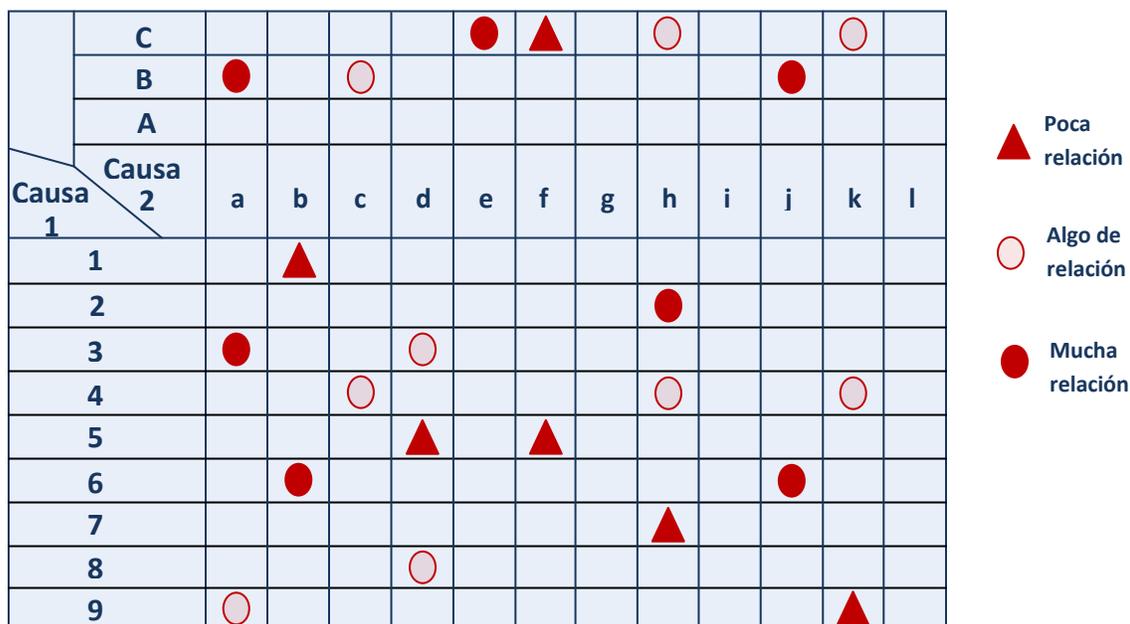
Depura situaciones problemáticas mediante el uso del pensamiento multidimensional, este tipo de diagrama facilita la identificación de relaciones que pudieran existir entre dos o más factores, sean éstos: problemas, causas y procesos; métodos y objetivos; o cualquier otro conjunto de variables.

Los factores en cuestión se acomodan en filas y columnas, identificando las relaciones entre los elementos donde se interceptan; descifrando el problema y facilitando la búsqueda de soluciones.

Existen varias configuraciones de diagramas matriciales, el diagrama matricial tipo L es una tabla bidimensional que consta de renglones y columnas.

La matriz tipo T es una tabla tridimensional compuesta por dos matrices tipo L, con un conjunto de factores iguales entre ellos. La combinación de tres o cuatro matrices tipo L dan por resultado diagramas tipo Y o tipo X.

Figura 15. Diagrama matricial



Fuente: Cantú, Humberto, pp. 251

Este tipo de matrices son muy utilizadas en el QFD (Quality Function Deployment), que puede definirse como un sistema estructurado que facilita el medio para identificar necesidades y expectativas de los clientes y traducirlas al lenguaje de la empresa, es decir, a requerimientos de calidad internos, desplegándolas en la etapa de planificación con la aparición de todas las funciones que intervienen en el diseño y desarrollo del producto o servicio.

Las principales ventajas de utilizar los diagramas matriciales son:

- Representan en forma simultánea todas las relaciones posibles entre los distintos factores y determinan las áreas problema y el lugar donde se concentran.
- Mediante pruebas y evaluación de cada intersección de los elementos esenciales se pueden realizar análisis para descubrir detalles más específicos.
- Permiten percibir combinaciones específicas, determinar detalles esenciales y desarrollar una estrategia efectiva para la solución de problemas.
- Visualiza claramente los patrones de responsabilidad para que haya una distribución pareja y apropiada de las tareas.

### **3.5.5 Matriz de análisis de datos**

La matriz de análisis de datos ordena los datos y los presenta en un diagrama matricial de tal forma que gran cantidad de información numérica se puede visualizar y comprender fácilmente.

La relación entre dos elementos se muestra cuantificada en cada celda de la matriz, lo que permite medir el grado de relación que existe entre varios factores.

Puede ocurrir que no se cuente con datos numéricos que cuantifiquen el grado de relación entre dos factores, en estas ocasiones el grupo de análisis puede asignar un peso relativo a la importancia de cada factor con respecto a los otros.

El análisis matricial de datos se utiliza principalmente para el estudio de procesos de producción, para realizar evaluaciones complejas de calidad, clasificar características de calidad, investigaciones de mercado, etc.

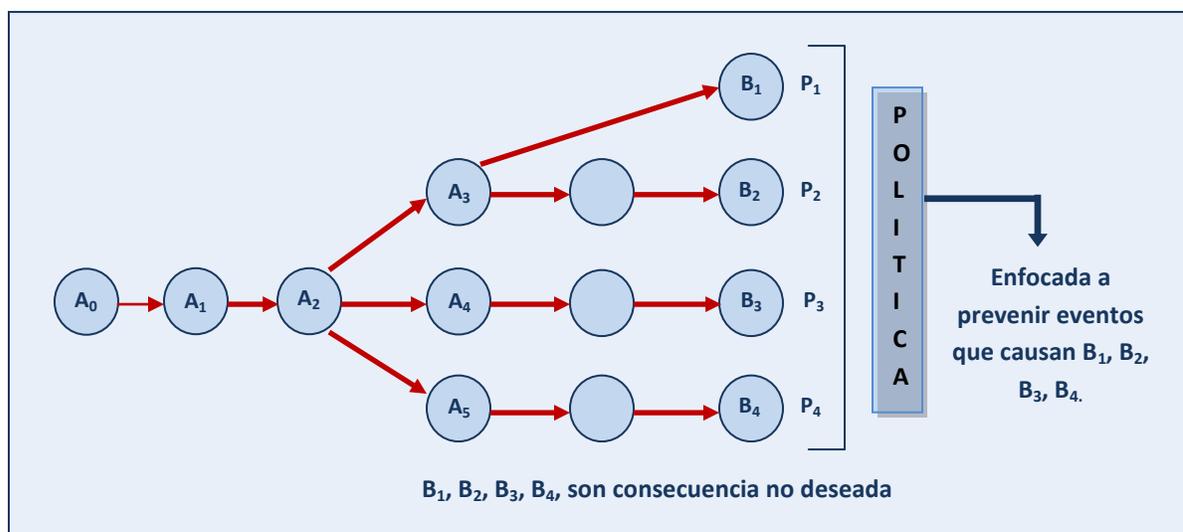
Las técnicas de análisis de datos facilitan el proceso de identificar los problemas, causas y soluciones, a la vez que sirven para hacer recomendaciones a la administración.

### 3.5.6 Gráfica de programación de decisiones de proceso

La grafica de programación de decisiones de proceso también llamada diagrama de contingencias, es una herramienta utilizada por lo general con posterioridad a la construcción de un análisis de árbol de fallos. Ambos gráficos tienen en común la capacidad de detectar aquello que puede fallar en el proceso, haciéndolo en el formato de árbol. La diferencia fundamental consiste en que el diagrama de proceso de decisión relaciona de forma explícita las acciones a seguir para todo aquello que puede fallar.

Esta herramienta suele utilizarse en la planificación de actividades no emprendidas con anterioridad. La actividad consiste en identificar y registrar todo lo que puede fallar, por lo que mejora sustancialmente la probabilidad de tener éxito en el proyecto abordado, ya que se analizan de antemano las posibles fallas y se preparan acciones que las contrarresten.

*Figura 16. Gráfica de programación de decisiones de proceso*



Fuente: Cantú, Humberto, pp. 253

Este método permite agilizar las propuestas de solución ante fallas o problemas imprevistos, el hecho de tener una variedad de opciones para darle solución a un problema permite poner en práctica la que mejor se ajuste a la situación.

En caso de que se presente algún problema que no fue anticipado, la gráfica debe modificarse para asegurar que no vuelva a presentarse dicho problema.

### 3.5.7 Diagrama de flechas

El diagrama de flechas es una herramienta de planificación que tiene como objetivo el descomponer un proyecto en sus tareas elementales, permitiendo visualizar gráficamente las actividades que pueden ejecutarse en forma paralela y los mínimos tiempos requeridos para completar un determinado proyecto o actividad.

Constituye el método más adecuado para monitorear de manera eficiente un plan y su grado de avance o progreso y está constituido por una red de líneas que conectan a todos los elementos relacionados a la planificación de las tareas; facilita la determinación de las operaciones que pueden ejecutarse en forma paralela con otras y al mismo tiempo permite visualizar las que resultan críticas para el cumplimiento de los plazos.

Un diagrama de flechas consiste en una sucesión ordenada de flechas y círculos, donde las operaciones están representadas por las flechas y los círculos definen el comienzo, terminación y el punto de enlace con otras operaciones. Sobre la flecha se indica la duración de la actividad, las más críticas serán aquellas que de retrasarse provocarían la suspensión de todo el proyecto.

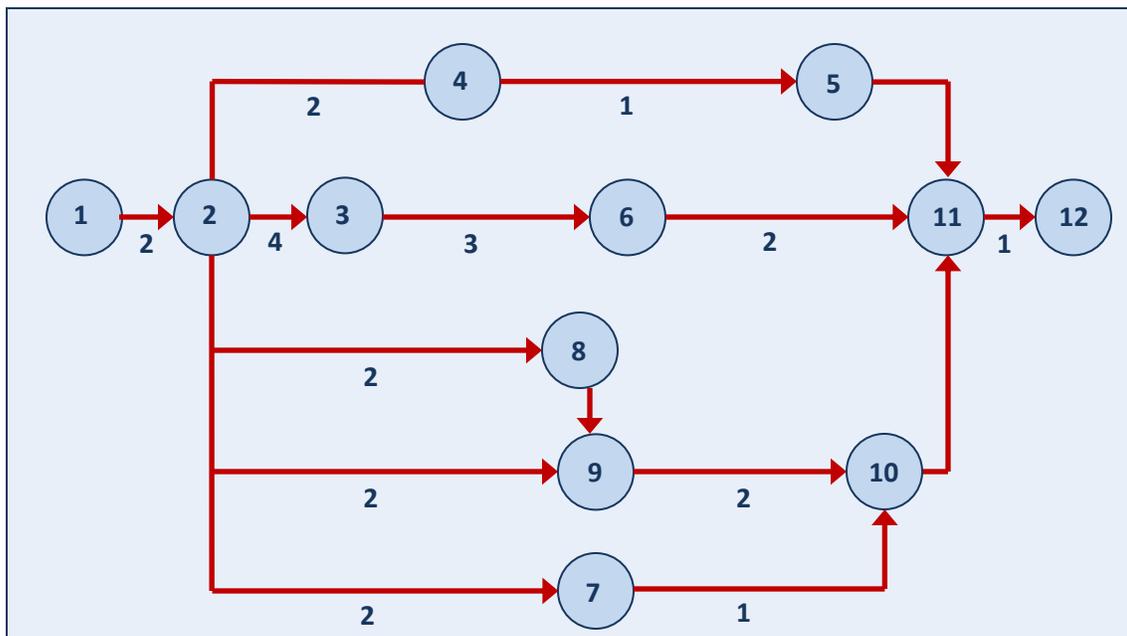
Cuando una operación no puede ser iniciada sin que se haya concluido la anterior, se le dispondrá sobre la misma línea que la previa separada por el nodo correspondiente. Cuando dos operaciones pueden ser ejecutadas simultáneamente, serán ubicadas sobre líneas paralelas y dentro del mismo tiempo.

Un proyecto define una combinación de actividades que deben ejecutarse en un cierto orden antes de que finalice el trabajo completo. Las actividades están interrelacionadas en una secuencia lógica, tomando en cuenta que algunas de

ellas no pueden comenzar hasta que otras hayan terminado. Una actividad en un proyecto, es un trabajo que requiere tiempo y recursos para su terminación.

Cabe mencionar que generalmente la programación de proyectos se lleva a cabo con dos técnicas muy similares al diagrama de flechas, dichas técnicas son: PERT (Project Evaluation and Review Technique) es decir, la técnica de evaluación y revisión de proyectos y CPM (Critical Path Method) o método de la ruta crítica.

*Figura 17. Diagrama de flechas*



Fuente: Cantú, Humberto, pp. 254

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGÍA

#### 4.1 METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Es importante para una organización contar con un procedimiento cuyo objetivo sea la solución de problemas, una metodología que permita desarrollar herramientas de calidad que acompañen a cualquier miembro de la empresa en el aprendizaje del trabajo en equipo, que resulta tan necesario para identificar las brechas existentes entre lo logrado y lo que se espera; analizar las causas que producen estas brechas y proponer soluciones que convengan a la empresa, logrando un beneficio a través de la mejora continua de los procesos, lo que repercutirá en la adecuada satisfacción de las necesidades de los clientes.

Se propone la siguiente metodología que consta de siete pasos para la solución estructurada de problemas:

- Paso 1. Integrar un equipo para la solución de problemas
- Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial
- Paso 3. Identificar los procesos afectados
- Paso 4. Identificación y clasificación de causas potenciales
- Paso 5. Identificar causa raíz
- Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones
- Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones

## **4.2 PASO 1. INTEGRAR UN EQUIPO PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

La razón principal de formar un equipo para la solución de problemas es que ningún individuo posee el conocimiento que pueden tener un conjunto de individuos, estos miembros tienen experiencias individuales, habilidades únicas y formas particulares de ver las cosas; por consecuencia el esfuerzo colectivo de un grupo es mucho más efectivo que lo que una sola persona podría lograr.

En primer, lugar es necesario formar un equipo y para esto hay que seleccionar cuidadosamente quienes lo integrarán, deben ser personas que tengan los conocimientos necesarios, además de la experiencia en trabajos colectivos, opiniones y pensamientos creativos. Generalmente estos grupos están formados de cinco y hasta diez personas.

Los datos en forma de ideas, temas, aspectos a considerar, etc. por lo general provienen de experiencias colectivas, opiniones y pensamientos creativos de un grupo de personas que trabajan por un objetivo común, uno de los pasos más importantes para lograr el éxito en cualquier proyecto es conseguir reunir a las personas correctas que aporten las ideas y la información.

El equipo debe contar con un facilitador cuya función será la de velar por que el grupo trabaje en las mejores condiciones de participación, además de potencializar la discusión positiva, promover la presentación de todas las ideas del grupo evitando discusiones negativas que impidan el intercambio de ideas.

### 4.3 PASO 2. IDENTIFICAR Y DESCRIBIR EL PROBLEMA REAL O POTENCIAL

Una vez que se tiene planteado el problema en una forma general debe iniciarse el proceso de solución del problema redefiniéndolo, es decir, encontrar una definición clara y precisa que permita el análisis.

Un problema puede redefinirse al identificar los fines y objetivos que persigue su solución, las necesidades (que se quiere conseguir), los obstáculos (factores que impiden obtener lo que se quiere) y las limitaciones (aquellas circunstancias que hay que aceptar).

Para redefinir el problema se puede seguir un proceso como el que se describe a continuación:

1. Escribir una detallada descripción del problema, asegurándose que se cuenta con toda la información pertinente.
2. Preguntar:
  - ¿Qué se quiere conseguir resolviendo este problema? (necesidades)
  - ¿Qué impide conseguir lo que queremos? (obstáculos)
  - ¿Qué hay que aceptar al resolver el problema? (limitaciones)
3. Escribir una nueva formulación del problema

Al enfocar el análisis inicial en las consecuencias que se tienen por el problema, estamos ante un síntoma o efecto, para profundizar y asegurar que se analizará el problema real o potencial se recomienda utilizar la técnica sistemática de preguntas de los cinco ¿Por qué?

Ésta técnica fue desarrollada por Sakichi Toyoda y se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación, que luego culminarían en el Toyota Production System (TPS). El uso de esta técnica se ve hoy más allá de Toyota, ya que se aplica tanto en KAIZEN como en la metodología Seis Sigma.

Se sugiere el siguiente formato para el análisis de los cinco ¿Por qué?, puede ser utilizado para acciones correctivas y preventivas.

*Tabla 1. Definición de un problema*

<b>Definición de un problema (correctivo)</b>	
Objetivo: Identificar el problema real	
<b>¿Por qué ?</b>	
<b>¿Por qué?</b>	

Una vez que se llega a la definición más exacta y profunda del problema real o potencial, según sea el caso, revelado en el último por qué contestado. El resultado se copia en el espacio para ello reservado.

*Tabla 2. Descripción de un problema a detalle*

<b>Descripción de un problema a detalle (correctivo o preventivo)</b>	
<b>Problema 1</b>	Descripción del problema a detalle y en qué podría afectar o afectó el servicio.  Objetivo: Reducir al mínimo la afectación.

#### 4.4 PASO 3. IDENTIFICAR LOS PROCESOS AFECTADOS

Una vez identificado el problema real se puede clasificar encontrando los procesos involucrados o afectados por éste.

*Tabla 3. Clasificación de un problema real y los procesos involucrados*

<i>Clasificar el problema real o potencial y los procesos involucrados</i>				
<i>¿Qué proceso del negocio se afecta?</i>	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Variable 3</i>	<i>Variable 4</i>
	<i>V1</i>	<i>V2</i>	<i>V3</i>	<i>V4</i>
<i>Proceso 1</i>				
<i>Proceso 2</i>				
<i>Proceso 3</i>				
<i>Proceso 4</i>				
<i>Proceso 5</i>				

## **4.5 PASO 4. IDENTIFICAR Y CLASIFICAR LAS CAUSAS POTENCIALES**

Identificar las causas es un paso crítico en el proceso y para llevar a cabo esta tarea se cuenta con las diferentes herramientas administrativas.

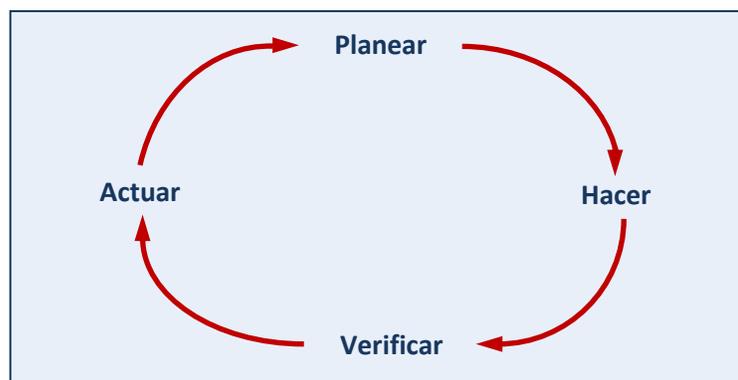
Para identificar las causas potenciales, se emplearan en primer lugar las siete herramientas básicas y en segundo las siete nuevas herramientas administrativas para cada uno de los problemas identificados.

El propósito de realizar el análisis con ambas herramientas es evaluar con cuál metodología se puede llegar de una manera más adecuada a encontrar las causas raíz de los diferentes problemas identificados.

A continuación se especifica la metodología a seguir para cada conjunto de herramientas:

### **4.5.1 METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS USANDO EL CICLO PHVA Y LAS SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS**

Se pueden encontrar en la literatura diversos procedimientos para la solución de problemas, la mayoría son una serie de pasos dispuestos bajo el ciclo de mejoramiento de Shewhart (ciclo de Deming), que está constituido por cuatro pasos: planear, hacer, verificar y actuar.

*Figura 18. Ciclo de Deming para la mejora continua*

Fuente: Escalante, Edgardo, Análisis y mejoramiento de la calidad (Limusa, 2006) pp. 54

El principal objetivo de la fase de **planeación**, en un proyecto de mejora continua, es asegurar la selección del proyecto más importante en cuanto a su contribución al mejoramiento de los indicadores clave del negocio, lo que no será tarea fácil.

En ésta fase se definen por parte de la alta dirección los indicadores que tienen prioridad en el mejoramiento, se recopilan y analizan datos para comprender mejor la importancia, congruencia y relevancia de cada problema lo que lleva a la selección del principal. Posteriormente se forma un equipo de trabajo cuya tarea será encontrar la solución del problema.

En la fase **hacer**, se propone la solución más apropiada para resolver el problema, todo esto una vez que se analizaron las causas que lo provocaron.

Las causas que se haya demostrado inciden en el problema son las que se deben considerar como causas reales y de éstas se selecciona la más importante y factible para pensar en posibles soluciones.

Debido a que la lista de soluciones podría ser mucho más extensa de lo que permite el presupuesto para su aplicación, se debe decidir cuales tendrán mayor efecto en el mejoramiento del problema. La solución propuesta y aprobada se debe implantar, el equipo responsable de dicha labor realiza un plan de trabajo y lo ejecuta.

Para la **verificación** se utilizan las herramientas básicas para mostrar en forma cuantitativa el grado de mejora alcanzado con la implantación de las soluciones aprobadas en la fase de ejecución, de esta manera se evalúan y detectan áreas de oportunidad.

Para comprobar la efectividad de la solución implementada es necesario usar las mismas herramientas que se emplearon para definir el problema, de tal manera que se observe una diferencia significativa entre ambas. Por ejemplo si se usó el diagrama de Pareto para definir el problema y la solución fue efectiva, el nuevo diagrama mostrará que la magnitud del problema se redujo de manera considerable.

La fase **actuar** consiste en incorporar al siguiente ciclo de planeación los ajustes necesarios que se hayan encontrado en la fase de verificación. En ésta fase es importante garantizar que la experiencia adquirida no solamente en el problema analizado, sino también en la capacidad y habilidad para trabajar en equipo, sirve de base para lograr una mayor efectividad en la solución de problemas futuros.

Es importante corregir acciones que no hayan resultado apropiadas, así como experiencias adquiridas en el análisis, la solución y la puesta en práctica de las acciones de mejoramiento. La mejora continua consiste en resolver un problema tras otro sin interrupción.

La tabla 1 muestra las fases, los pasos y las herramientas para la solución de problemas.

*Tabla 4. Metodología para la solución de problemas usando el ciclo PHVA y las siete herramientas básicas*

PASO	OBJETIVO	HERRAMIENTAS	COMENTARIOS
<b>Fase: planear</b> 1. Definir el problema	Entender la situación problemática y determinar objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Pareto</li> <li>• Histograma</li> <li>• Gráficas de tendencias</li> </ul>	Si es posible cuantificar en pesos
<b>Fase: planear</b> 2. Describir el proceso actual	Definir el proceso con la finalidad de conocerlo y en su caso señalar la fase problemática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Flujo</li> </ul>	
<b>Fase: planear</b> 3. Encontrar y analizar causas posibles	Encontrar y poder seleccionar las causas reales del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Ishikawa</li> <li>• Estratificación</li> <li>• Diagrama de dispersión</li> <li>• Hojas de verificación</li> </ul>	Recolectar y analizar información para analizar causas posibles
<b>Fase: planear</b> 4. Desarrollar la solución	Plantear uno o varios planes de acción que conduzcan a la solución del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Flujo</li> </ul>	Determinar responsabilidades, responsables y fechas
<b>Fase: hacer</b> 5. Implantar la solución	Aplicar la solución propuesta		
<b>Fase: verificar</b> 6. Evaluar la solución	Evaluar los efectos de la solución implantada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Pareto</li> <li>• Histograma</li> <li>• Gráficas de tendencias</li> </ul>	Cuantificar ahorro en pesos Comparar con el objetivo
<b>Fase: actuar</b> 7. Controlar	Desarrollar planes de control y monitoreo Estandarizar las mejoras y prevenir el problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comentar graficas de control</li> </ul>	Mantener el problema resuelto

Fuente: Escalante, Edgardo, pp. 55

## 4.4.2 METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS USANDO LAS SIETE NUEVAS HERRAMIENTAS

Las siete nuevas herramientas pueden manejarse de forma individual, pero cuando muestran su mayor eficacia es al ser utilizadas como conjunto en una metodología de solución de problemas.

Las metodologías de solución de problemas utilizan una secuencia cíclica de enfoque y expansión del pensamiento.

El primer ciclo de expansión – enfoque consiste en identificar los problemas existentes (expansión) seguido de la correcta definición de dichos problemas (enfoque).

En las herramientas básicas, la tormenta de ideas cumple con el objetivo de identificación de problemas ya que apoya la expansión del pensamiento. Otras herramientas como el diagrama de causa – efecto o el de Pareto ayudan a enfocar la atención.

En las nuevas herramientas este primer ciclo de expansión – enfoque está apoyado por dos herramientas: el diagrama de afinidad y el diagrama de relaciones. La diferencia con las herramientas básicas es que cada una ayuda a realizar ambas fases del ciclo y la utilización de una u otra dependerá del enfoque creativo del diagrama de afinidad o lógico del diagrama de relaciones, que sea más eficaz en la solución del problema.

El proceso se puede iniciar mediante el diagrama de afinidad para identificar una amplia cantidad de categorías o con el diagrama de relaciones cuando se busquen las causas básicas. Ambos pueden utilizarse para enfocar la atención en uno o más temas claves que será necesario planificar con posterioridad, ya sea a través del consenso del grupo de trabajo (diagrama de afinidad) o por el análisis de las pautas mostradas por las flechas del gráfico en el caso del diagrama de relaciones.

Desde otro punto de vista, el diagrama de afinidad es la herramienta que permite la identificación del problema. Mediante ésta herramienta, se es capaz de ir desde los síntomas del problema hasta su formulación. La recolección de datos específicos del problema en cuestión y la formulación de estos permiten llegar a la identificación del problema.

Así, el diagrama de relaciones es la herramienta que permite profundizar en el problema identificado, descubriendo sus pormenores en forma de cadena lógica entre los distintos elementos.

El diagrama de árbol recoge los elementos y temas identificados en la etapa de enfoque del ciclo anterior y los explota en actividades de implantación de mejora cada vez de mayor detalle.

En otras ocasiones el diagrama de árbol permite conocer de forma exhaustiva la totalidad de los factores que contribuyen a la existencia del problema. El último nivel del diagrama (el de mayor detalle) proporciona por lo general un listado de opciones (cosas que deben hacerse) o universal (cosas que pueden hacerse).

En cualquier caso se presenta un ciclo de expansión de ideas y el diagrama de árbol es la herramienta utilizada en la comparación y selección de las opciones con base en criterios conocidos.

Cuando los elementos conforman un listado universal, la herramienta utilizada en la comparación y selección son los diagramas matriciales en una de sus numerosas formas. Se observa que ambas herramientas tienen la función de enfocar el pensamiento que ha sido expandido con anterioridad en el diagrama de árbol.

Una vez que las matrices han identificado los elementos, temas o responsabilidades clave, el diagrama del proceso de decisión se puede utilizar para anticipar las posibles contingencias que aparecen en el programa y determinar las contra medidas lógicas.

El diagrama del proceso de decisión se utiliza cuando las tareas y actividades a realizar no son conocidas, es decir, no se tiene la suficiente experiencia con ellas y permite estandarizar soluciones. Cuando estas tareas y actividades son conocidas a detalle, en particular hasta el tiempo de duración de cada una de ellas, la herramienta utilizada es el diagrama de flechas.

El diagrama de flechas permite integrar los datos experimentales en un plan de acción de solución del problema. En todos los casos, ambas herramientas ayudan de nuevo a expandir el pensamiento en un nuevo ciclo.

## 4.5 PASO 5. IDENTIFICAR CAUSA RAÍZ

Después de llevar a cabo el análisis del problema con las herramientas correspondientes y obtener las causas potenciales se deben identificar las causas raíz a resolver, ya sean reales o potenciales.

Al comparar las causas potenciales y la especificación del problema, se encuentran tres posibilidades: la causa explica de manera total o parcial la especificación o no la explica. Una causa que puede explicar en su totalidad la especificación del problema es probablemente la causa raíz, sin embargo se debe tener en cuenta que puede haber más de una.

*Tabla 5. Identificación de causa raíz*

<b>Identificar causas raíz ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?</b>					
<b>Causas Potenciales</b>	<b>¿Es posible comprobar con datos reales?</b>	<b>¿Causas reales que provocan hasta en un 25% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 25 y el 50% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 50 y el 100% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que sumadas provocan en un 80% el problema?</b>
<b>Causa 1</b>					
<b>Causa 2</b>					
<b>Causa 3</b>					
<b>Causa 4</b>					
<b>Causa 5</b>					
<b>Causa n</b>					

## 4.6 PASO 6. IDENTIFICAR Y EVALUAR POSIBLES SOLUCIONES

Se desarrolla una lluvia de ideas de posibles soluciones para la causa raíz que se obtuvo en el paso anterior y se procede a llenar la tabla siguiente:

*Tabla 6. Identificación de posibles soluciones*

<i>Identificar posibles soluciones</i>	
Idea No.	Descripción de la idea
1	
2	
3	
4	
n	

También es necesario evaluar la factibilidad de cada idea de solución determinada en la tabla anterior, las que no sean factibles se desecharán y las factibles serán evaluadas.

Ya que se identifica la idea más viable se analiza en cuanto a su factibilidad por costos.

*Tabla 7. Evaluación de soluciones*

<i>Evaluación de soluciones</i>		
Idea No.	¿Cuánto cuesta la inversión?	¿Es factible por costos? si / no
1		
2		
3		
4		
n		

El análisis continúa al evaluar los riesgos de aplicar la idea y las desventajas controlables.

*Tabla 8. Ideas factibles por costos*

<b>Ideas factibles por costos</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Qué riesgos existen al aplicar la idea y cuáles son?</b>
1	
2	
3	
4	
5	
n	

*Tabla 9. Ideas con riesgos controlados*

<b>Ideas con riesgos controlados</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen algunas desventajas al aplicar la idea y cuáles son?</b>
1	
2	
3	
4	
n	

Finalmente se analizan las ideas con mejores beneficios para resolver el problema.

*Tabla 10. Ideas con desventajas controlables*

<b>Ideas con desventajas controlables</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen beneficios aplicables a los procesos involucrados y cuáles son?</b>
1	
2	
3	
n	

*Tabla 11. Ideas con mejores beneficios*

<i>Ideas con mejores beneficios</i>	
<b>Idea No.</b>	<b>Soluciones para resolver el problema</b>
1	
2	
n	

## 4.7 PASO 7. PLAN DE TRABAJO PARA LA APLICACIÓN DE SOLUCIONES

En este paso se define el programa de trabajo que establece con detalle las acciones que se llevarán a cabo para solucionar el problema.

*Tabla 12. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones*

<i>Plan de trabajo para la aplicación de soluciones</i>							
No. acción	¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Dónde?	Fecha de ejecución	Fecha pruebas	Fecha de aplicación
1							
2							
3							
4							
n							

## CAPÍTULO 5

### DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

#### 5.1 MARCO REFERENCIAL

La forma de dirigir una empresa y las circunstancias delimitadas que la restringen dan lugar a una serie de situaciones y oportunidades de mejora muy específicas, estas se hacen presentes en el momento en que el grupo se ve obligado a trabajar en equipo para lograr el objetivo común; la satisfacción del cliente.

Si bien en un producto manufacturado se pueden identificar y controlar una serie de variables que determinan la calidad del producto final, en una empresa de servicios no es tan fácil identificar y controlar las variables que inciden directamente en la calidad del servicio.

Cuando la empresa de servicios se encuentra bajo un esquema de trabajo donde no se identifican los problemas y por lo tanto no hay un monitoreo escrito de las desviaciones o amenazas, no cuenta con procedimientos escritos ni con metodologías para llevar un control sobre las posibles desviaciones y la forma en que éstas deben ser controladas, la calidad del servicio ofrecido presenta muchas áreas de mejora, por que los resultados esperados no siempre son iguales a los que en realidad se logran.

Es decisivo identificar las causas raíz de las fallas o desviaciones de los objetivos del proyecto, para darles la mejor solución, pero sobre todo es importante detectar con oportunidad las posibles desviaciones o fallas presentes para atacarlas antes de convertirse en un problema que se vea reflejado en atrasos o baja calidad de los entregables del proyecto.

Partiendo de ésta premisa se ve la necesidad de incorporar una metodología que permita al grupo de trabajo: identificar, llevar un registro y control de las posibles amenazas y buscar la mejor solución para evitar mermar la calidad del servicio ofrecido y ser competitivo.

Sin embargo, el hecho de contar con procedimientos internos y sistemas de calidad no es garantía de buenas prácticas, los usuarios consideran tedioso y cansado llevarlos a cabo, lo que se refleja en el no cumplimiento del plan de trabajo.

Al no presentarse la interacción de los equipos de trabajo para la solución de problemas en la operación diaria, la rentabilidad del negocio no es la que se esperaba, pues al no encontrar la causa raíz que afecta los procesos se provocan re-trabajos, gastos por duplicados, mala calidad e insatisfacción del cliente final.

Para los trabajos del grupo CEASP<sup>4</sup>A en la implementación del SIMECELE en el Sistema Nacional de Refinación, durante el primer año se presentaron diferentes áreas de oportunidad de mejora al interior del grupo, que repercutieron en los tiempos de entrega y en la satisfacción del cliente interno y externo.

Como primer paso para identificar las áreas de oportunidad de mejora se llevó a cabo una reunión con todos los ingenieros residentes y los coordinadores del proyecto, donde se realizó una lluvia de ideas para identificar los principales problemas administrativos y técnicos que se presentaron al interior del grupo en el proceso de implementación del SIMECELE en cada uno de los centros de trabajo de PEMEX-Refinación.

Una vez identificados los principales problemas, se analizaron en conjunto para elegir los más representativos y son los considerados en el presente trabajo.

## 5.2 CASO PRÁCTICO 1

### Paso 1. Integrar un equipo para la solución de problemas

Para integrar el equipo de trabajo para la solución de problemas, se invitó a colaborar a ocho ingenieros residentes de diferentes centros de trabajo, cuatro coordinadores técnicos y un coordinador administrativo del grupo.

Se pidió la colaboración de estas personas por que son las encargadas de coordinar e interactuar con todo el personal del grupo CEASP<sup>4</sup>A, además poseen la experiencia necesaria para emitir opiniones y soluciones a la problemática con la que tienen que lidiar día a día, al llevar a cabo la implementación de éste sistema.

Es importante señalar que aún cuando se invitó a colaborar a todas las personas involucradas directamente con los procesos, solamente se tuvo la participación de tres ingenieros residentes, tres coordinadores técnicos y un coordinador administrativo.

El proceso de recolección de datos o ideas para el análisis, se llevó a cabo por medio de un cuestionario que comprende las cuatro principales problemáticas identificadas por el grupo en la primera etapa, el cuestionario se presenta en el anexo 1.

## Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial

*Tabla 13. Definición del problema (Caso práctico 1)*

<b>Definición de un problema (correctivo)</b>	
<b>¿Por qué se presentan dificultades para cumplir con los avances mensuales planeados para el proyecto?</b>	El avance de los centros de trabajo presenta diferencias
<b>¿Por qué?</b>	Los equipos se retrasan al realizar las actividades del plan de trabajo
<b>¿Por qué?</b>	Se reorganizan constantemente trabajos asignados a cada miembro del equipo
<b>¿Por qué?</b>	Se tiene que dedicar tiempo y personal de cada equipo para capacitarlos, sobre todo al de nuevo ingreso
<b>¿Por qué?</b>	Se asigna al personal de los equipos de trabajo después de la fecha de inicio del proyecto

*Tabla 14. Descripción del problema a detalle (Caso práctico 1)*

<b>Descripción de un problema a detalle (correctivo)</b>	
<b>Problema 1</b>	Asignación tardía del personal que conforma los equipos de trabajo

### Paso 3. Identificar los procesos afectados

*Tabla 15. Clasificación del problema real y los procesos asociados (Caso práctico 1)*

<b>Clasificar el problema real y los procesos involucrados</b>					
<b>¿Qué proceso del negocio se afecta?</b>	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b>Variable 3</b>	<b>Variable 4</b>	<b>Variable 5</b>
	<b>Capacitación</b>	<b>Desarrollo de trabajos</b>	<b>Revisión</b>	<b>Corrección</b>	<b>Entrega</b>
<b>Búsqueda de información</b>	X	X			
<b>Identificación de circuitos</b>	X	X	X	X	X
<b>Identificación de unidades de control</b>	X	X	X	X	X
<b>Levantamiento en campo</b>	X	X	X	X	X
<b>Dibujo</b>	X	X	X	X	X
<b>Carga al SIMECELE</b>	X	X	X	X	X
<b>Elaboración de reportes</b>	X	X	X	X	X

### Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales

Figura 18. Diagrama de Pareto (Caso práctico 1)

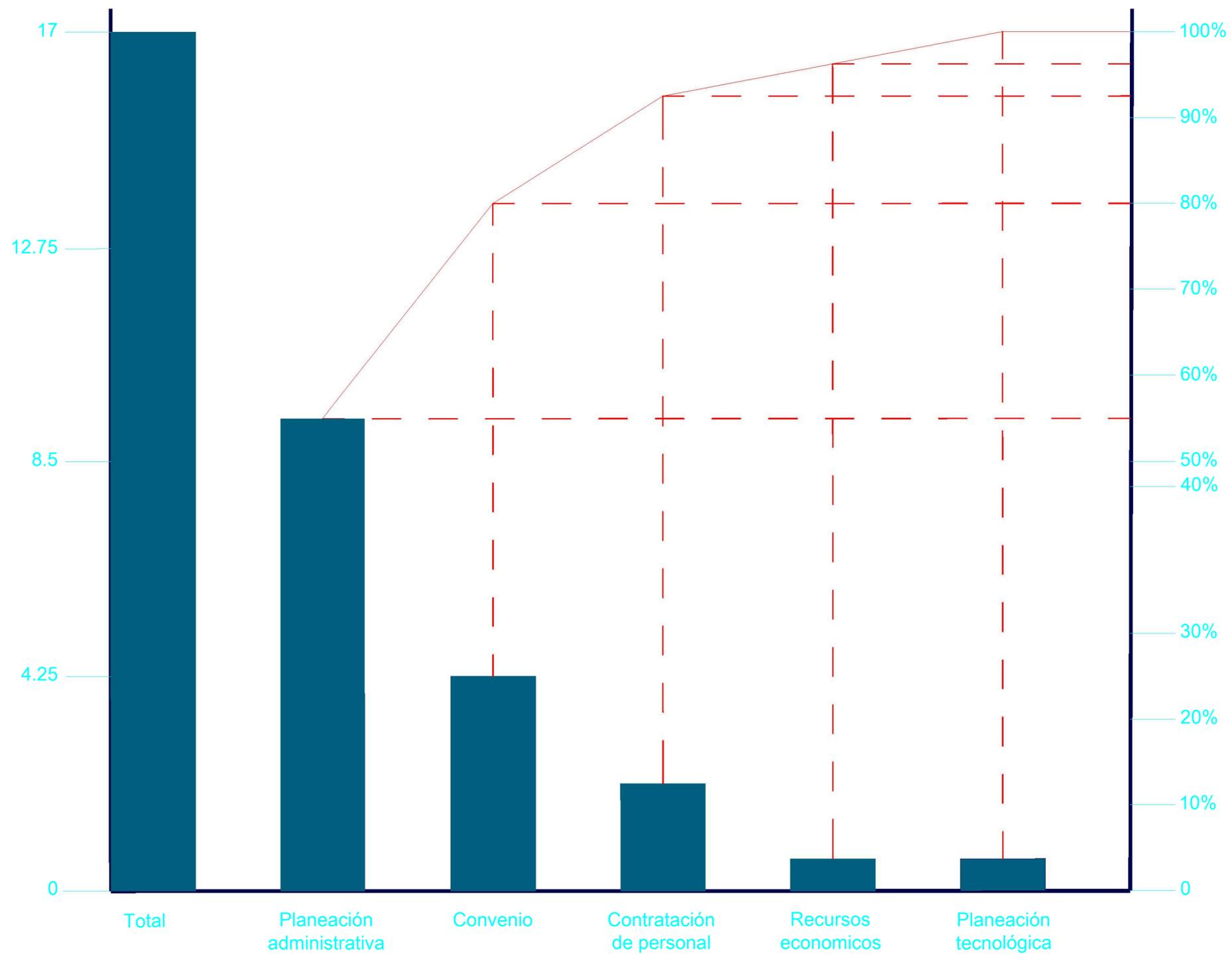


Figura 19. Diagrama de Ishikawa (Caso práctico 1)

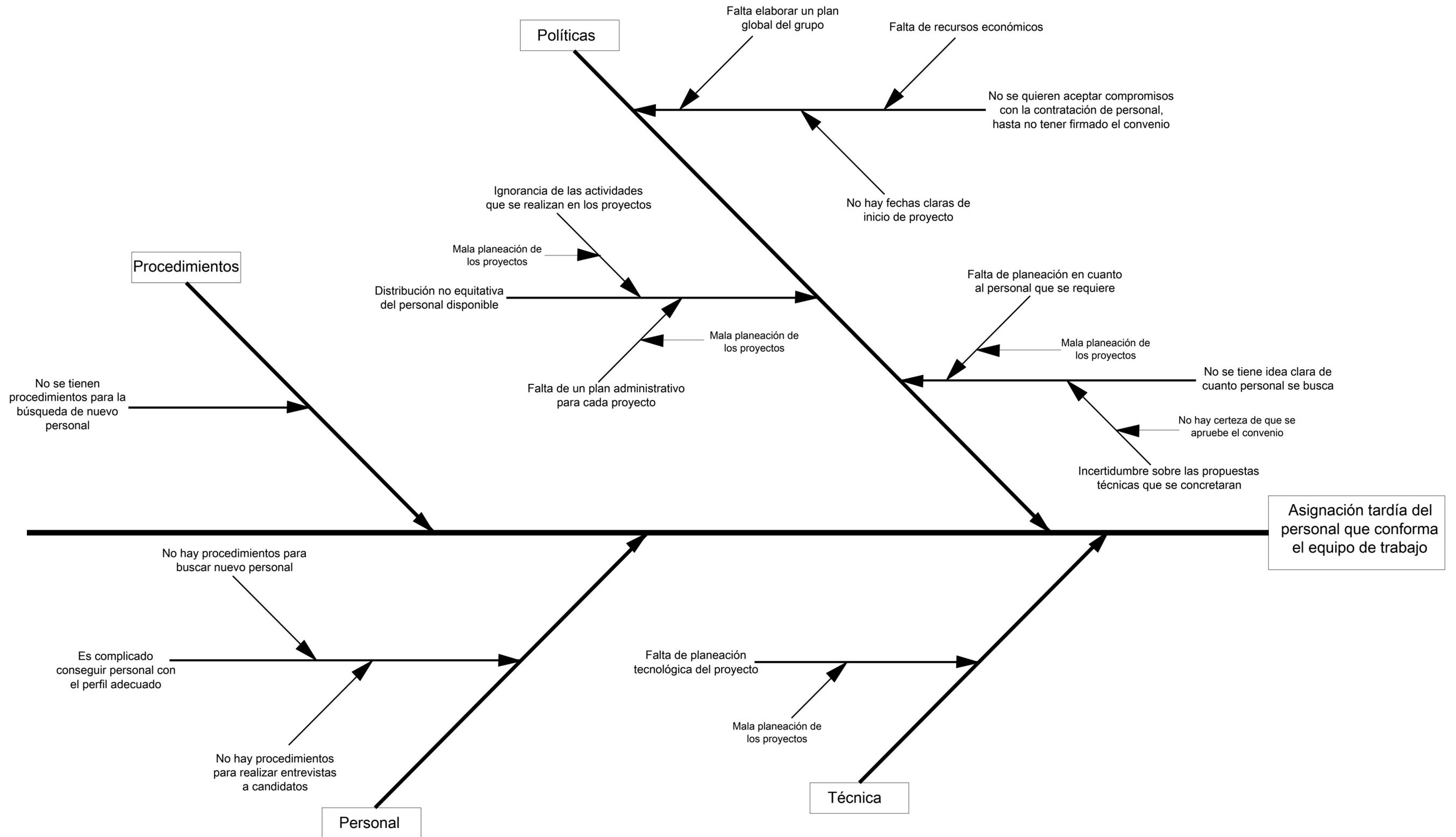


Figura 20. Diagrama de afinidad (Caso práctico 1)

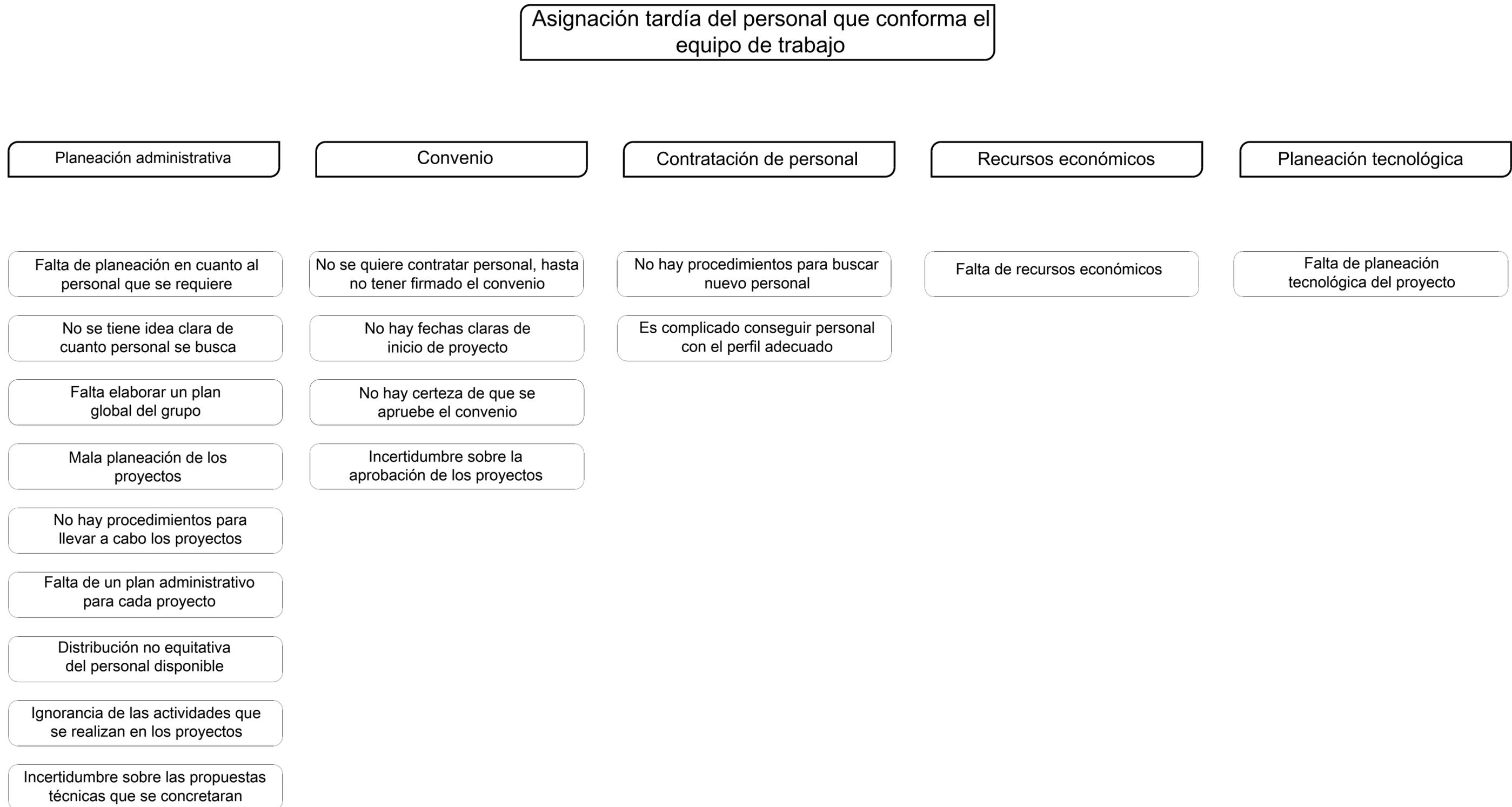


Figura 21. Diagrama de relaciones. (Caso práctico 1)

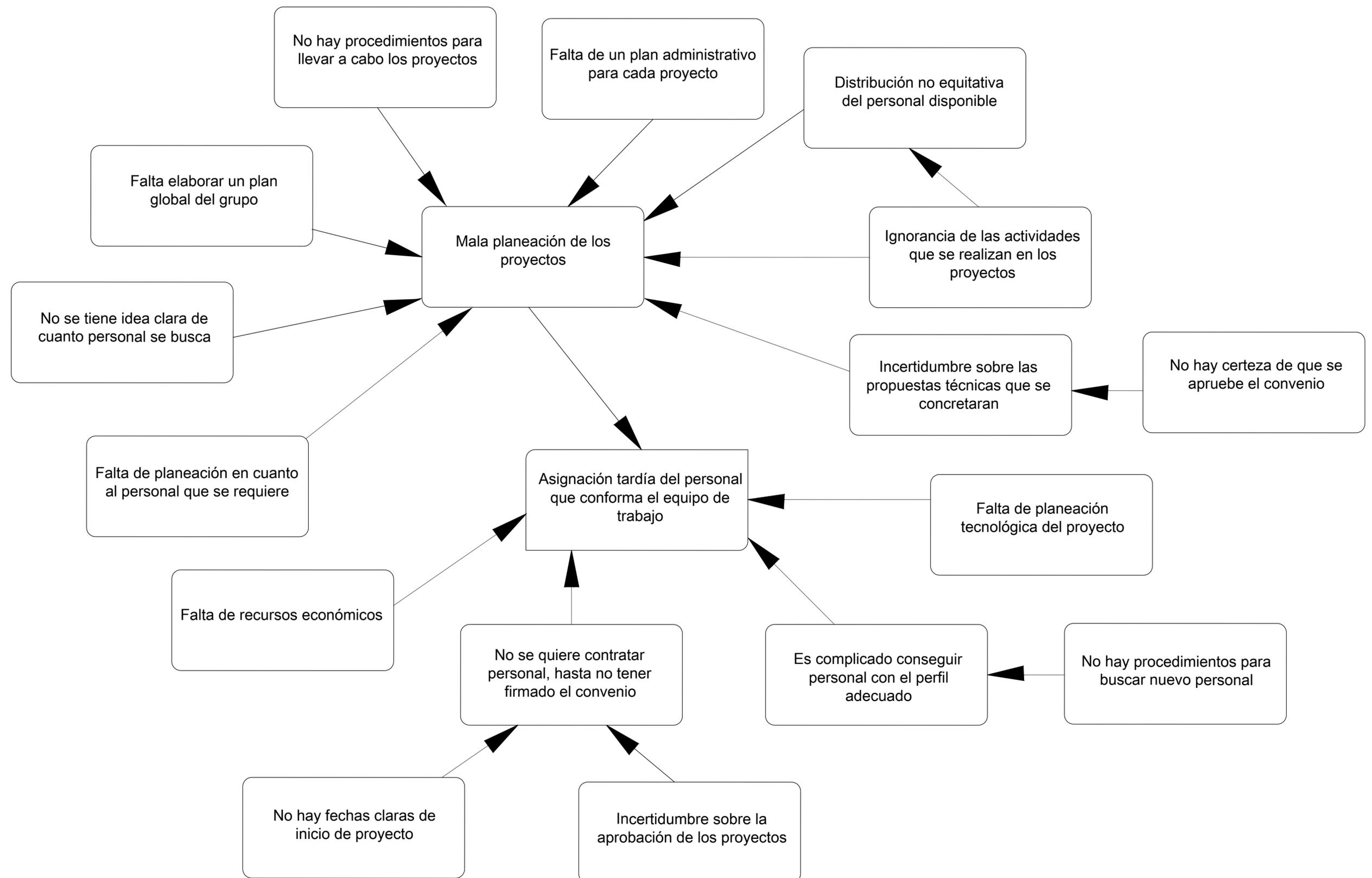
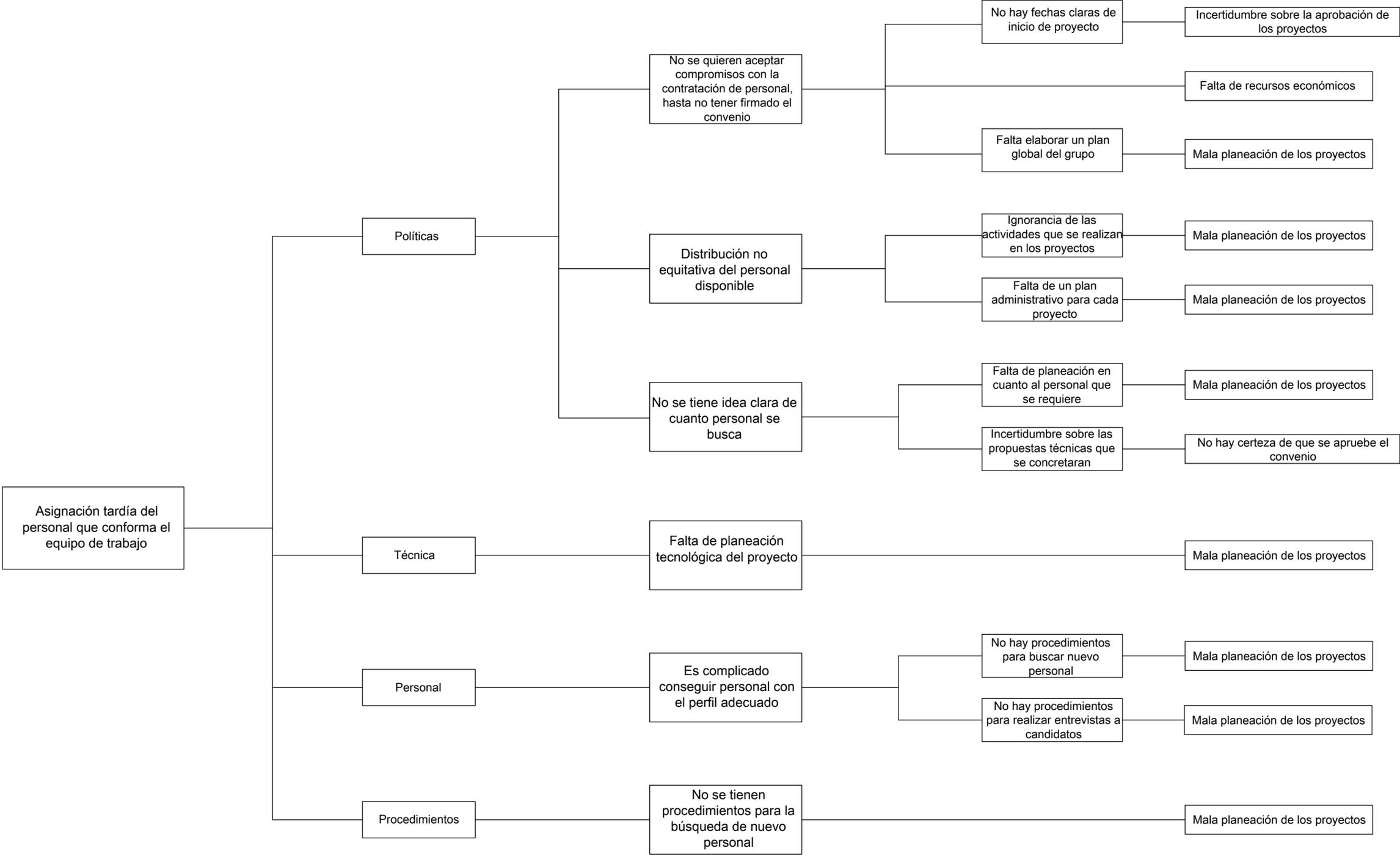


Figura 22. Diagrama de árbol (Caso práctico 1)



## Paso 5. Identificar la causa raíz

*Tabla 16. Identificación de causa raíz (Caso práctico 1)*

<b>Identificar causas raíz ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?</b>					
<b>Causas Potenciales</b>	<b>¿Es posible comprobar con datos reales?</b>	<b>¿Causas reales que provocan hasta en un 25% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 25 y 50% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 50 y 100% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que sumadas provocan en un 80% el problema?</b>
Falta de recursos económicos	si	X			
Falta de planeación tecnológica del proyecto	si	X			
Aprobación del convenio	si		X		X
Falta de procedimiento para contratación del personal	si	X			
Planeación administrativa del proyecto	si			X	X

## Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones

*Tabla 17. Identificación de posibles soluciones (Caso práctico 1)*

<b>Identificar posibles soluciones</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>Descripción de la idea</b>
1	Contratar de base a una buena selección de personas, lo antes posible aunque no se tenga el convenio firmado
2	Determinar lo antes posible las fechas de inicio y alcances del proyecto, así como la cantidad de nuevos recursos necesarios para cumplir estos puntos
3	Elaborar un plan de administración de cada proyecto, que considere cuánto personal es necesario, además de cuándo debe iniciarse la incorporación y capacitación
4	Distribuir uniformemente a la plantilla de personal ya disponible, asegurando que todos los equipos de trabajo comiencen el proyecto lo más completos posible

*Tabla 18. Evaluación de soluciones (Caso práctico 1)*

<b>Evaluación de soluciones</b>		
<b>Idea No.</b>	<b>¿Cuánto cuesta la inversión en pesos mexicanos para la solución?</b>	<b>¿Es factible por costos? si / no</b>
1	\$1,000,000.00	no
2	\$0.00	si
3	\$0.00	si
4	\$0.00	si

*Tabla 19. Ideas factibles por costos (Caso práctico 1)*

<b>Ideas factibles por costos</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Qué riesgos existen al aplicar la idea y cuáles son?</b>
2	Si por la premura son mal planeadas las fechas de inicio y alcances de proyecto se puede contratar una cantidad de recursos humanos que no sea la adecuada
3	Ninguno
4	Ninguno

*Tabla 20. Ideas con riesgos controlados (Caso práctico 1)*

<b>Ideas con riesgos controlados</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen algunas desventajas al aplicar la idea y cuáles son?</b>
3	Ninguna
4	Ninguna

*Tabla 21. Ideas con desventajas controlables (Caso práctico 1)*

<b>Ideas con desventajas controlables</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen beneficios aplicables a los procesos involucrados y cuáles son?</b>
3	Se brindaría adecuada capacitación al personal nuevo, lo que permitiría concluir el proyecto en fecha cercana a la programada
4	Mayor apego a los planes de trabajo y menos fricciones entre los integrantes de los equipos

*Tabla 22. Ideas con mejores beneficios (Caso práctico 1)*

<i>Ideas con mejores beneficios</i>	
<b>Idea No.</b>	<b>Soluciones para resolver el problema</b>
<b>3</b>	Elaborar un plan de administración para cada proyecto, que considere cuánto personal es necesario, además de cuándo debe iniciarse la incorporación y capacitación

## Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones

*Tabla 23. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones (Caso práctico 1)*

<b>Plan de trabajo para la aplicación de soluciones</b>							
<b>No. acción</b>	<b>¿Qué?</b>	<b>¿Quién?</b>	<b>¿Cómo?</b>	<b>¿Dónde?</b>	<b>Fecha de ejecución</b>	<b>Fecha pruebas</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
1	Desarrollar plan de administración	Director Coordinador	Definir los objetivos del proyecto.  Definir claramente los alcances del proyecto.  Especificar cuáles son los entregables y cuándo se entregan.  Desarrollar planeación de actividades con la participación de todos los involucrados.	En cada proyecto	Pendiente	Pendiente	Pendiente

## **5.3 CASO PRÁCTICO 2**

### **Paso 1. Integrar un equipo para la solución de problemas**

El equipo formado para la solución de problemas, que se describe en el caso práctico 1, participó en la revisión de todos los casos presentados en éste trabajo.

## Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial

*Tabla 24. Definición del problema (Caso práctico 2)*

<b>Definición de un problema (correctivo)</b>	
<b>¿Por qué se presenta tan alto nivel de estrés y conflictos entre los miembros del grupo?</b>	Hay un alto grado de descontento en el personal de los equipos
<b>¿Por qué?</b>	Porque hay mucha exigencia y se necesita trabajar más de ocho horas diarias
<b>¿Por qué?</b>	No se pueden cumplir con las actividades asignadas al equipo
<b>¿Por qué?</b>	Se modifican constantemente las actividades planeadas para cada miembro del equipo
<b>¿Por qué?</b>	Se asignan trabajos no planeados o se presentan cambios en el plan de trabajo original

*Tabla 25. Descripción del problema a detalle (Caso práctico 2)*

<b>Descripción de un problema a detalle (correctivo)</b>	
<b>Problema 2</b>	Cambios en el plan de trabajo original

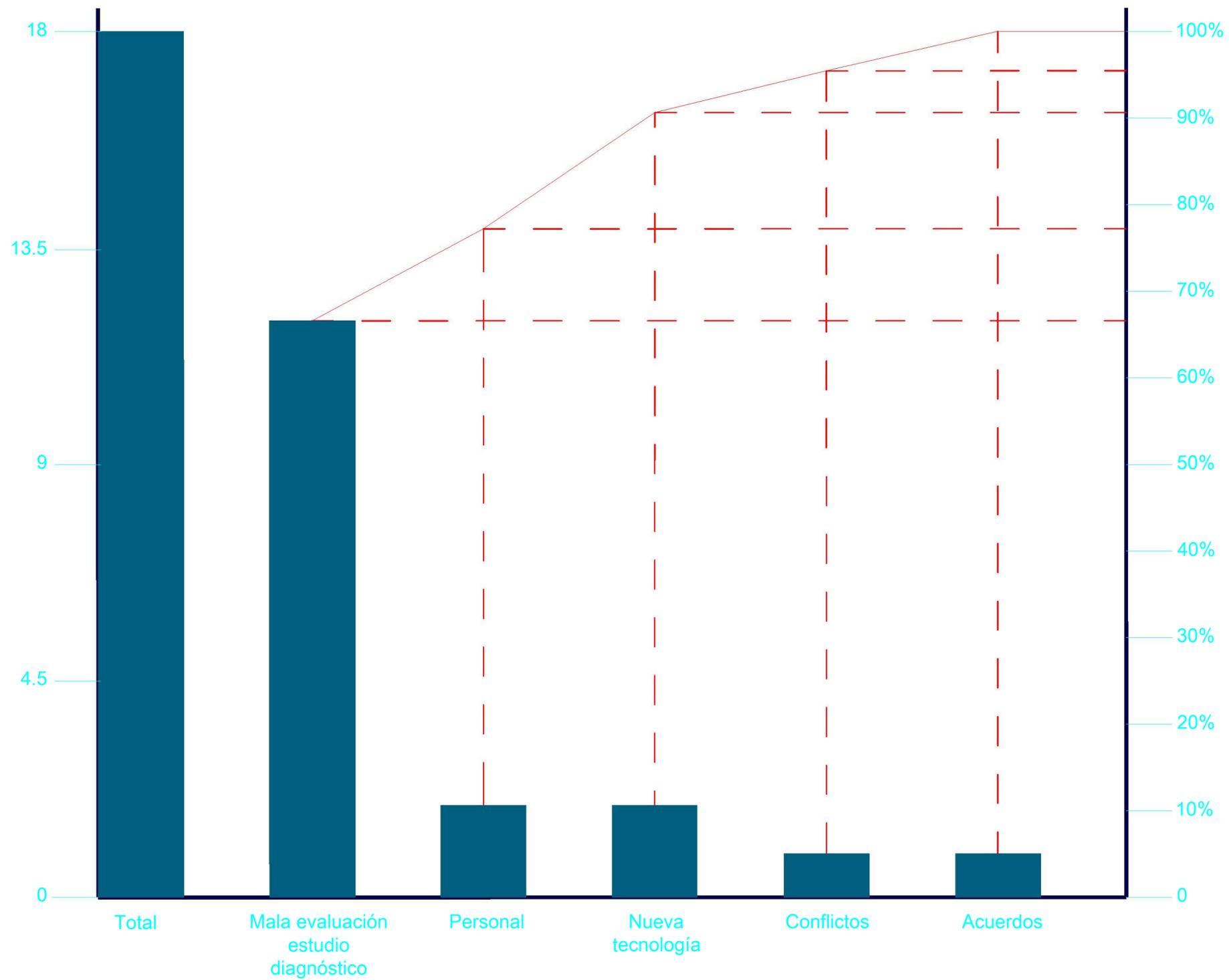
### Paso 3. Identificar los procesos afectados

*Tabla 26. Clasificación del problema real y los procesos involucrados (Caso práctico 2)*

<b>Clasificar el problema real y los procesos involucrados</b>					
<b>¿Qué proceso del negocio se afecta?</b>	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b>Variable 3</b>	<b>Variable 4</b>	<b>Variable 5</b>
	<b>Capacitación</b>	<b>Desarrollo de trabajos</b>	<b>Revisión</b>	<b>Corrección</b>	<b>Entrega</b>
<b>Búsqueda de información</b>		X			
<b>Identificación de circuitos</b>		X	X	X	X
<b>Identificación de unidades de control</b>		X	X	X	X
<b>Levantamiento en campo</b>		X	X	X	X
<b>Dibujo</b>		X	X	X	X
<b>Carga al SIMECELE</b>		X	X	X	X
<b>Elaboración de reportes</b>		X	X	X	X
<b>Elaboración de documentos</b>		X	X	X	X

### Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales

Figura 23. Diagrama de Pareto (Caso práctico 2)



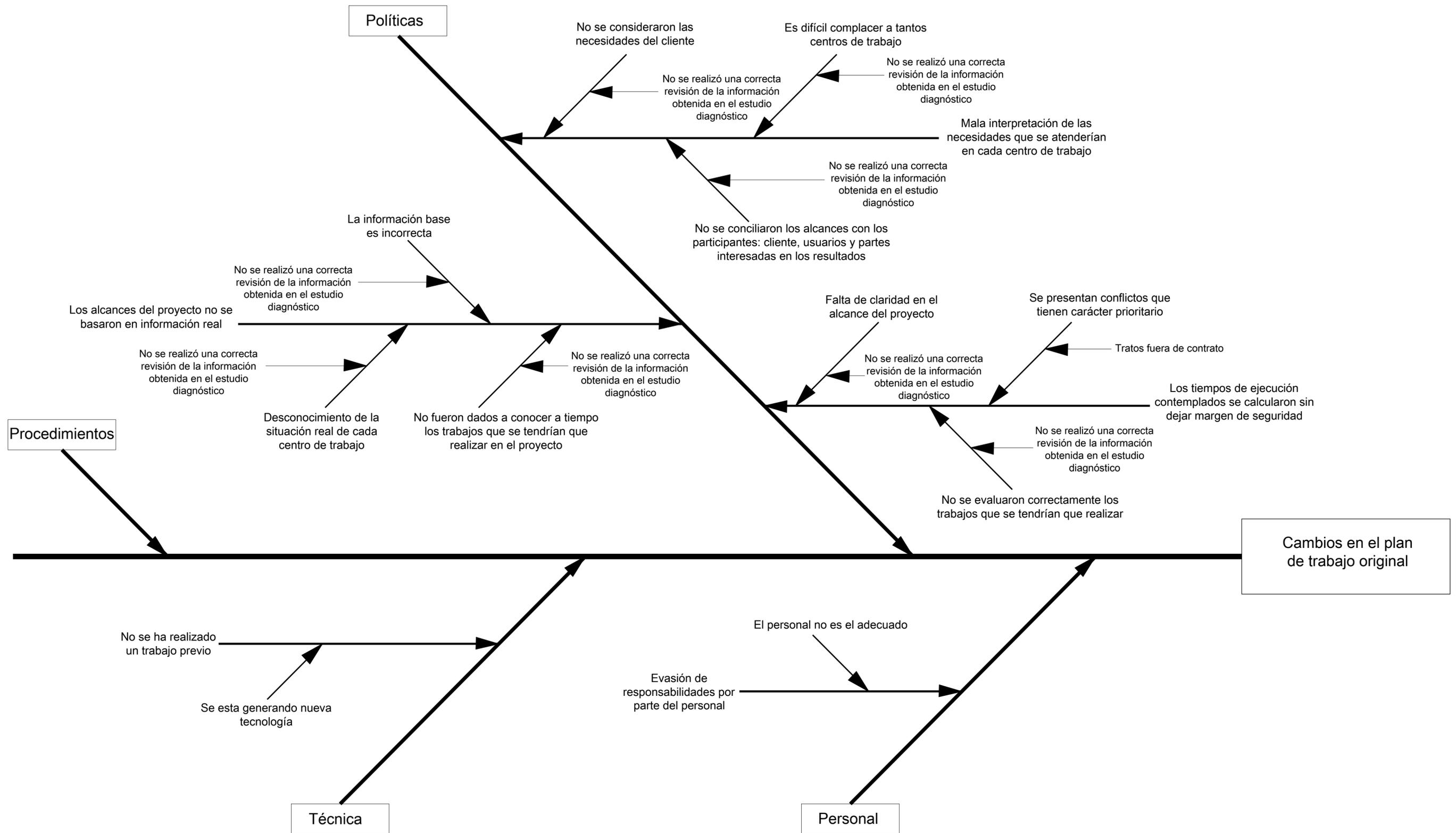


Figura 25. Diagrama de afinidad (Caso práctico 2)

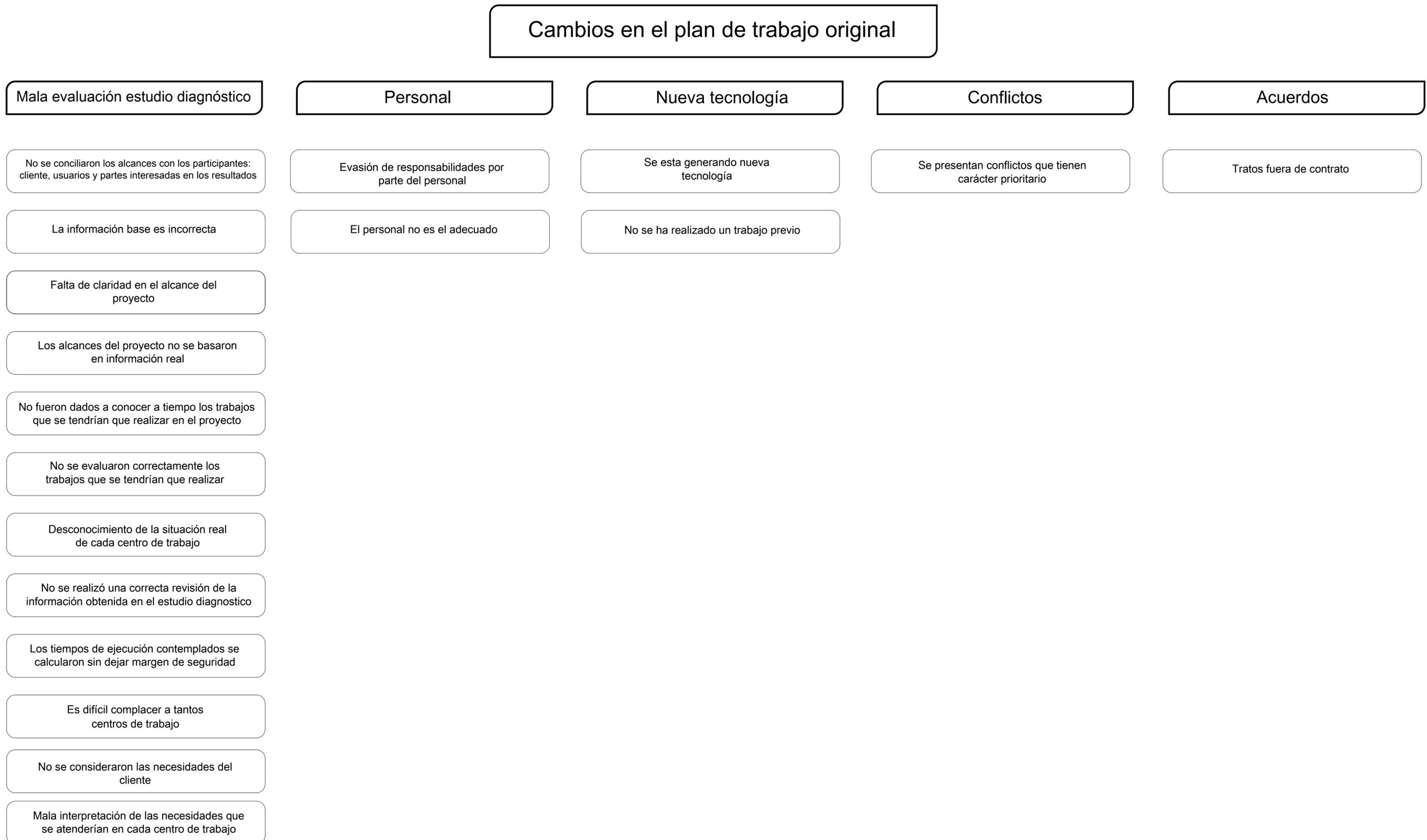


Figura 26. Diagrama de relaciones (Caso práctico 2)

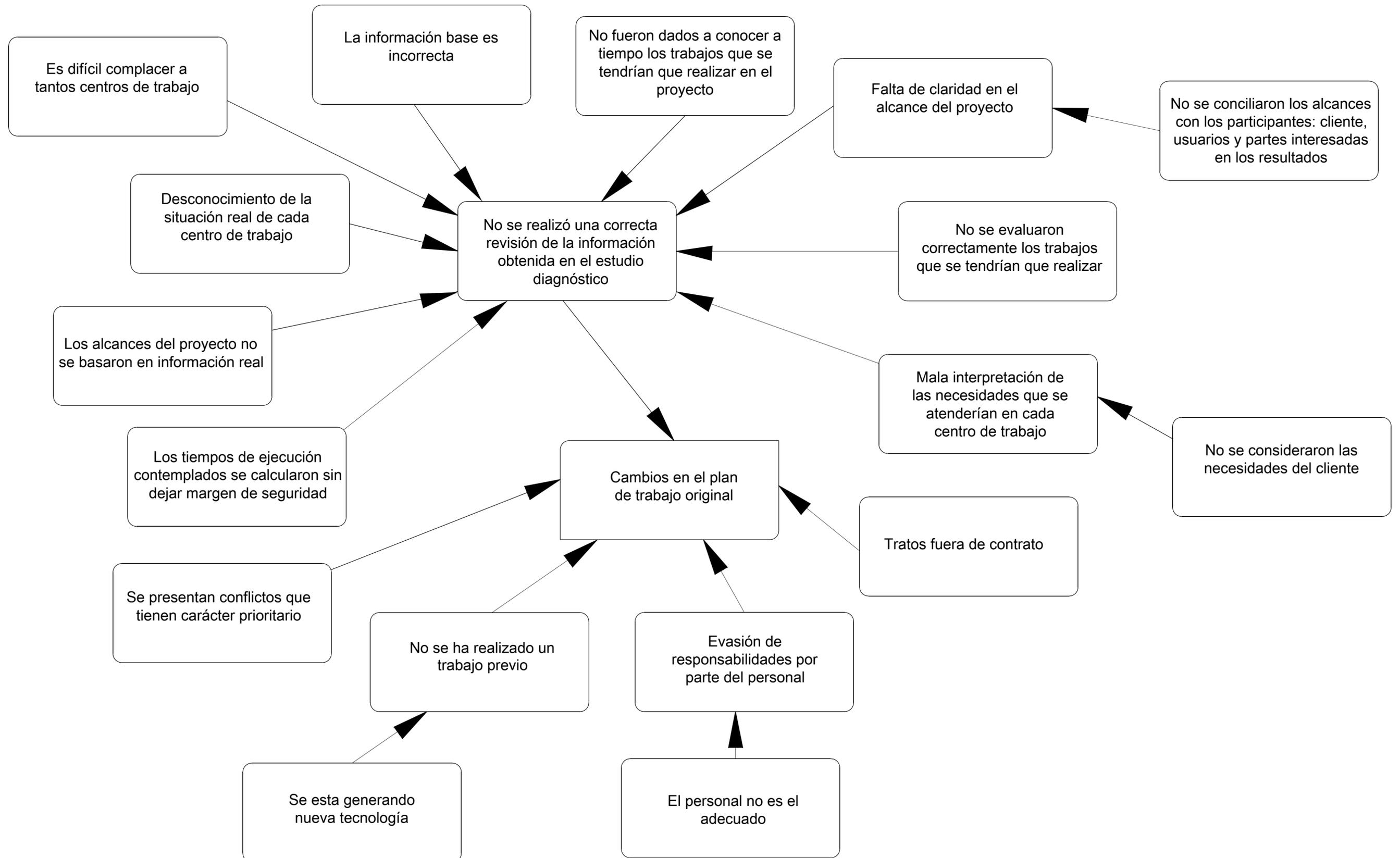
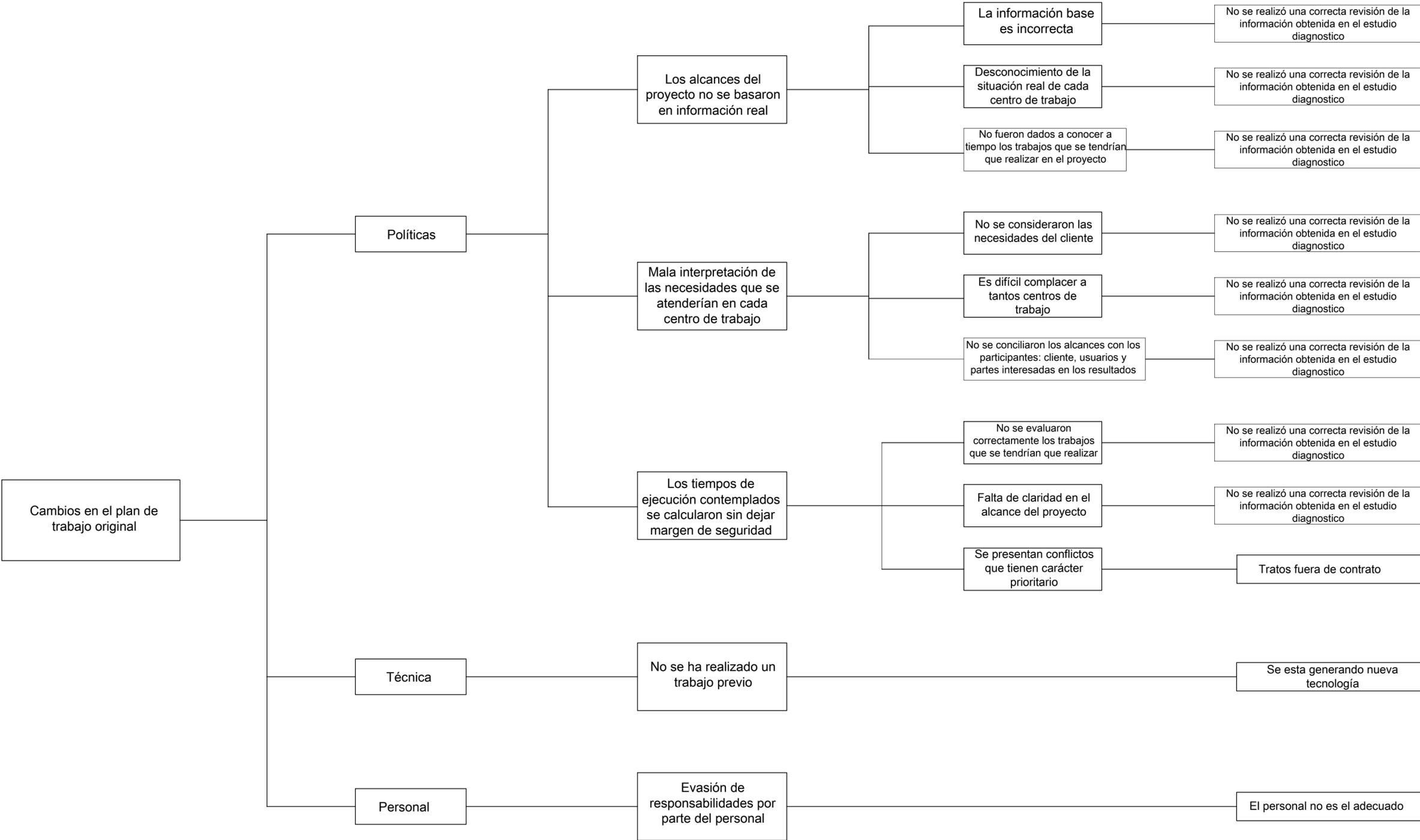


Figura 27. Diagrama de árbol (Caso práctico 2)



## Paso 5. Identificar la causa raíz

*Tabla 27. Identificación de causa raíz (Caso práctico 2)*

<b>Identificar causas raíz ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?</b>					
<b>Causas Potenciales</b>	<b>¿Es posible comprobar con datos reales?</b>	<b>¿Causas reales que provocan hasta en un 25% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 25 y 50% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 50 y 100% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que sumadas provocan en un 80% el problema?</b>
Mala evaluación del estudio diagnóstico	si			X	X
Personal	si	X			X
Generación de nueva tecnología	si	X			X
Jerarquización de conflictos	si	X			
Tratos fuera de convenio	si	X			

## Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones

*Tabla 28. Identificación de posibles soluciones (Caso práctico 2)*

<b>Identificar posibles soluciones</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>Descripción de la idea</b>
1	Revisar detalladamente la información de cada centro de trabajo para basar los alcances en datos reales
2	Crear equipos de trabajo con responsabilidades específicas que sean claras para todo el personal dentro y fuera del grupo y respetar la relación entre cada grupo
3	Apoyar en lo necesario al desarrollo de la tecnología (SIMECELE), generando listas de problemas frecuentes que se vayan detectando en la carga de datos, para considerarlos en la mejora continua
4	Definir claramente los alcances y los tiempos de ejecución del proyecto, tomando en cuenta las necesidades específicas de cada centro de trabajo
5	Crear y capacitar un equipo de trabajo extra que realizará los trabajos asignados fuera del plan de trabajo original

*Tabla 29. Evaluación de soluciones (Caso práctico 2)*

<b>Evaluación de soluciones</b>		
<b>Idea No.</b>	<b>¿Cuánto cuesta la inversión en pesos mexicanos para la solución?</b>	<b>¿Es factible por costos? si / no</b>
1	\$0.00	si
2	\$0.00	si
3	\$0.00	si
4	\$0.00	si
5	\$384,000.00	no

*Tabla 30. Ideas factibles por costos (Caso práctico 2)*

<b><i>Ideas factibles por costos</i></b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Qué riesgos existen al aplicar la idea y cuáles son?</b>
1	Ninguno
2	Si las responsabilidades de uno o varios equipos están mal asignadas, pueden interferir con los trabajos de otros equipos
3	Ninguno
4	Ninguno

*Tabla 31. Ideas con riesgos controlados (Caso práctico 2)*

<b><i>Ideas con riesgos controlados</i></b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen algunas desventajas al aplicar la idea y cuáles son?</b>
1	Ninguna
3	Ninguna
4	Ninguna

**Tabla 32. Ideas con desventajas controlables (Caso práctico 2)**

<b>Ideas con desventajas controlables</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen beneficios aplicables a los procesos involucrados y cuáles son?</b>
1	Se tendría una mejor planeación y organización de los trabajos que contribuiría al cumplimiento en tiempo y forma de los alcances del proyecto
3	Atención oportuna de las áreas de oportunidad del SIMECELE
4	Se atenderían las necesidades de cada centro de trabajo de manera más organizada, lo que contribuiría a mejorar la imagen que se proyecta al cliente

**Tabla 33. Ideas con mejores beneficios (Caso práctico 2)**

<b>Ideas con mejores beneficios</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>Soluciones para resolver el problema</b>
1	Revisar detalladamente la información de cada centro de trabajo para basar los alcances en datos reales
3	Apoyar en lo necesario al desarrollo de la tecnología (SIMECELE), generando listas de problemas frecuentes que se vayan detectando en la carga de datos, para considerarlos en la mejora continua
4	Definir claramente los alcances y los tiempos de ejecución del proyecto, tomando en cuenta las necesidades específicas de cada centro de trabajo

## Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones

*Tabla 34. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones (Caso práctico 2)*

<b>Plan de trabajo para la aplicación de soluciones</b>							
<b>No. acción</b>	<b>¿Qué?</b>	<b>¿Quién?</b>	<b>¿Cómo?</b>	<b>¿Dónde?</b>	<b>Fecha de ejecución</b>	<b>Fecha pruebas</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
<b>1</b>	Revisar la información base de cada centro de trabajo	Ing. residente Coordinador	Verificar cuántos isométricos se deben digitalizar, levantar o actualizar	En cada centro de trabajo	Pendiente	Pendiente	Pendiente
<b>2</b>	Generar listados de problemas frecuentes en carga al SIMECELE	Ing. residente Ing. de servicio	Al detectar un problema comunicarlo directamente al departamento o de desarrollo	En cada centro de trabajo	Pendiente	Pendiente	Pendiente
<b>3</b>	Definir claramente los alcances y tiempos de entrega	Director Coordinador Ing. Residente Coordinador PEMEX	Definir los objetivos del proyecto, tomando en cuenta las necesidades de cada centro de trabajo  Definir claramente los alcances del proyecto  Desarrollar la planeación de las actividades con la participación de todos los involucrados	En cada centro de trabajo	Pendiente	Pendiente	Pendiente

## **5.4 CASO PRÁCTICO 3**

### **Paso 1. Integrar un equipo para la solución de problemas**

El equipo formado para la solución de problemas, que se describe en el caso práctico 1, participó en la revisión de todos los casos presentados en éste trabajo.

## Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial

*Tabla 35. Definición del problema (Caso práctico 3)*

<b>Definición de un problema (correctivo)</b>	
<b>¿Por qué se presentan tantas dificultades para cumplir con los objetivos del proyecto?</b>	
	El trabajo en equipo es deficiente
<b>¿Por qué?</b>	
	No se tiene identidad de grupo
<b>¿Por qué?</b>	
	No se logra formar grupos de trabajo estables y comprometidos para cumplir los objetivos del proyecto
<b>¿Por qué?</b>	
	Se reorganizan constantemente los grupos de trabajo
<b>¿Por qué?</b>	
	Se presenta una alta rotación de personal

*Tabla 36. Descripción del problema a detalle (Caso práctico 3)*

<b>Descripción de un problema a detalle (correctivo)</b>	
<b>Problema 3</b>	<b>Alta rotación de personal</b>

### Paso 3. Identificar los procesos afectados

*Tabla 37. Clasificar el problema real y los procesos asociados (Caso práctico 3)*

<b>Clasificar el problema real y los procesos involucrados</b>					
<b>¿Qué proceso del negocio se afecta?</b>	Variable 1 <b>Capacitación</b>	Variable 2 <b>Desarrollo de trabajos</b>	Variable 3 <b>Revisión</b>	Variable 4 <b>Corrección</b>	Variable 5 <b>Entrega</b>
<b>Búsqueda de información</b>					
<b>Identificación de circuitos</b>		X	X		
<b>Identificación de unidades de control</b>		X	X	X	X
<b>Levantamiento en campo</b>		X	X	X	X
<b>Dibujo</b>		X	X	X	X
<b>Carga al SIMECELE</b>		X	X	X	X
<b>Elaboración de reportes</b>	X	X	X	X	X
<b>Elaboración de documentos</b>	X	X	X	X	X

### Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales

Figura 28. Diagrama de Pareto (Caso práctico 3)

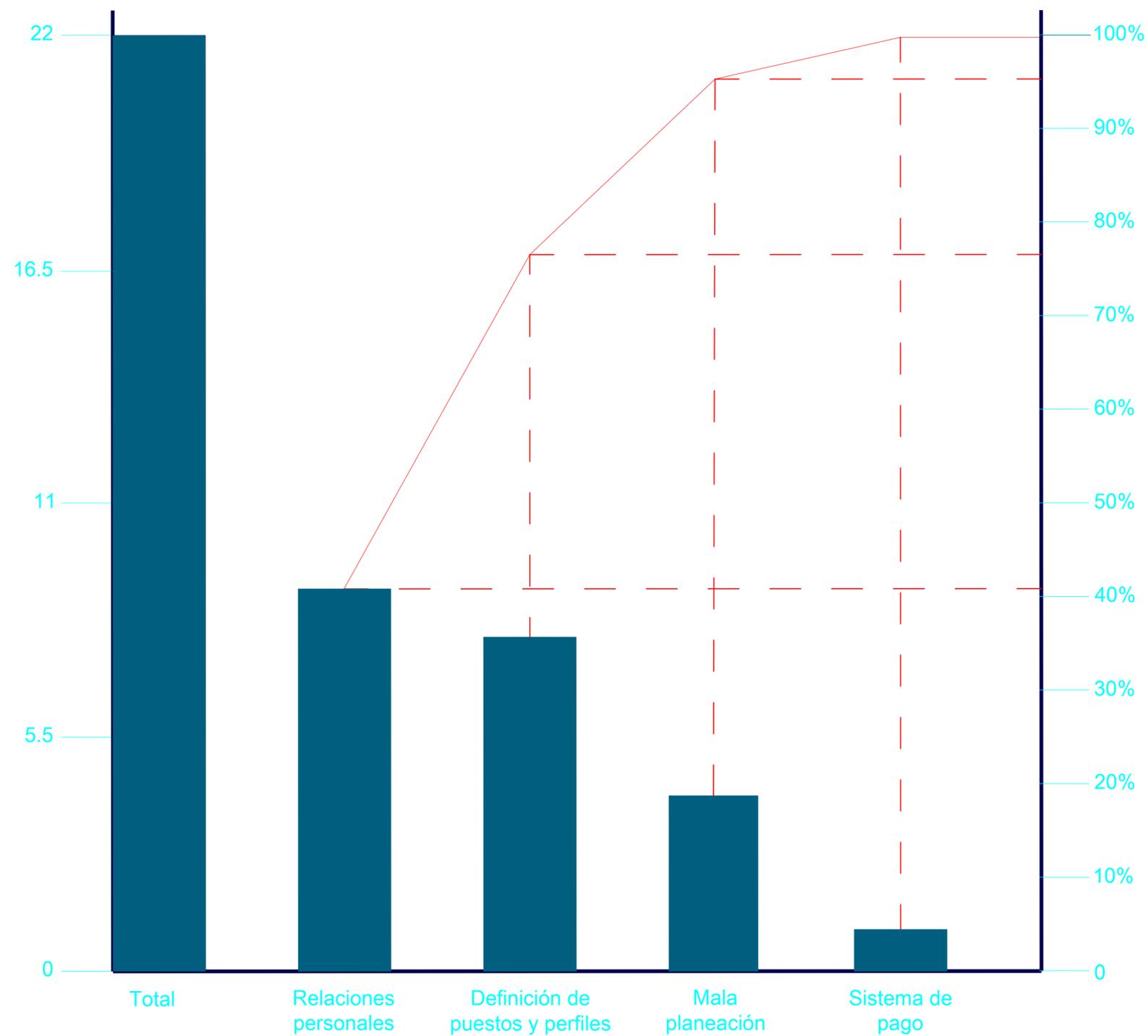


Figura 29. Diagrama de Ishikawa (Caso práctico 3)

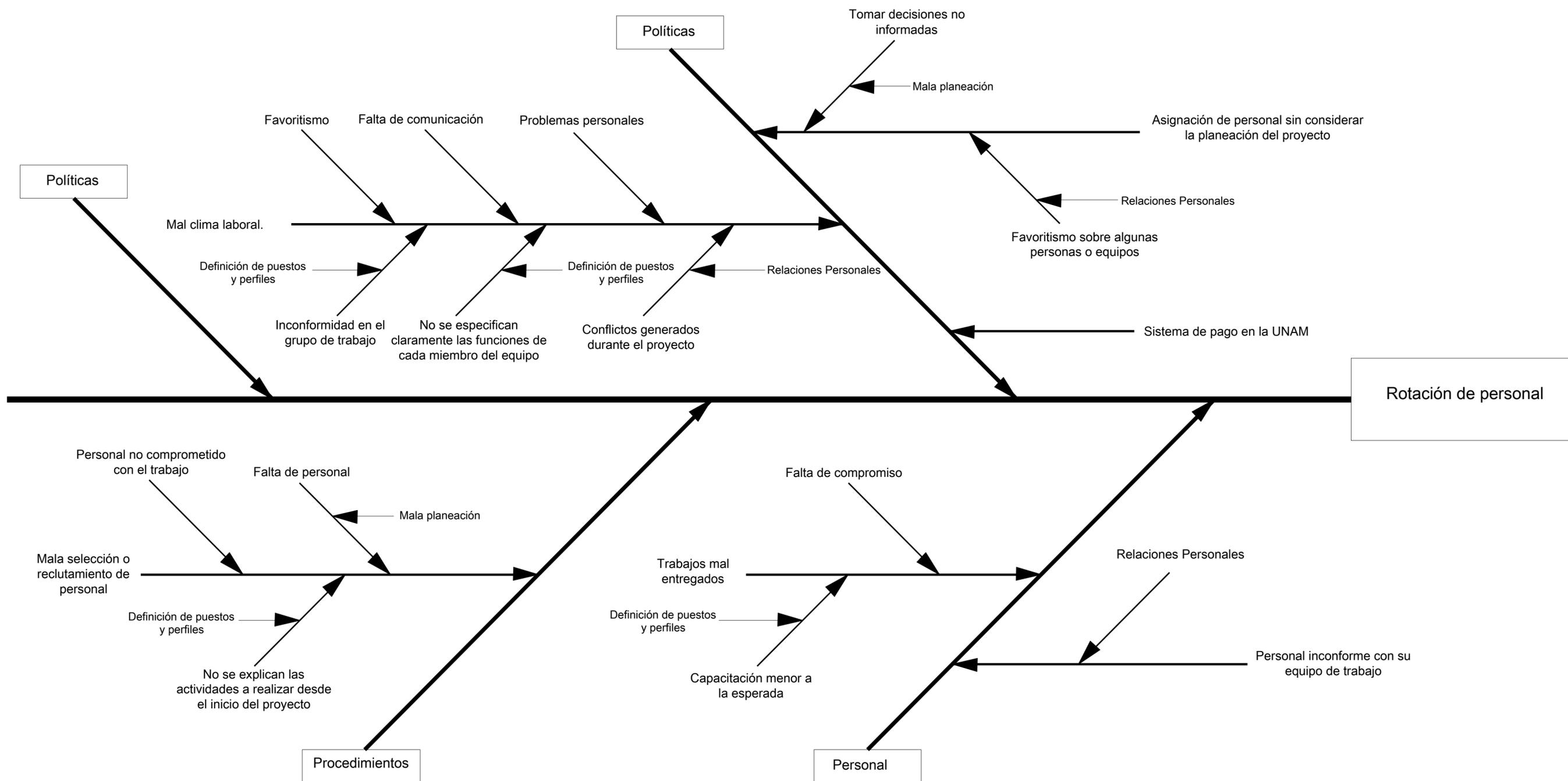


Figura 30. Diagrama de afinidad (Caso práctico 3)

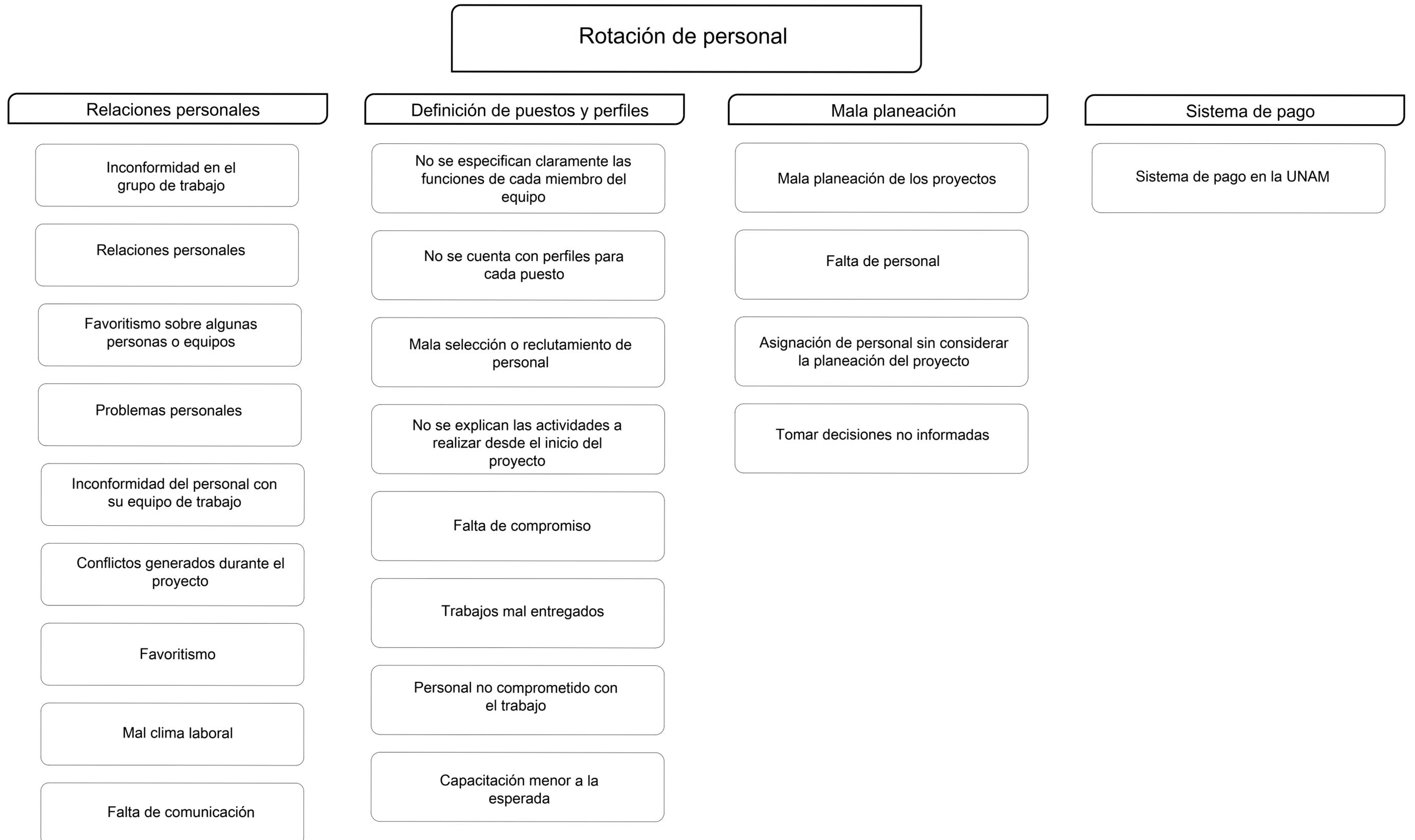
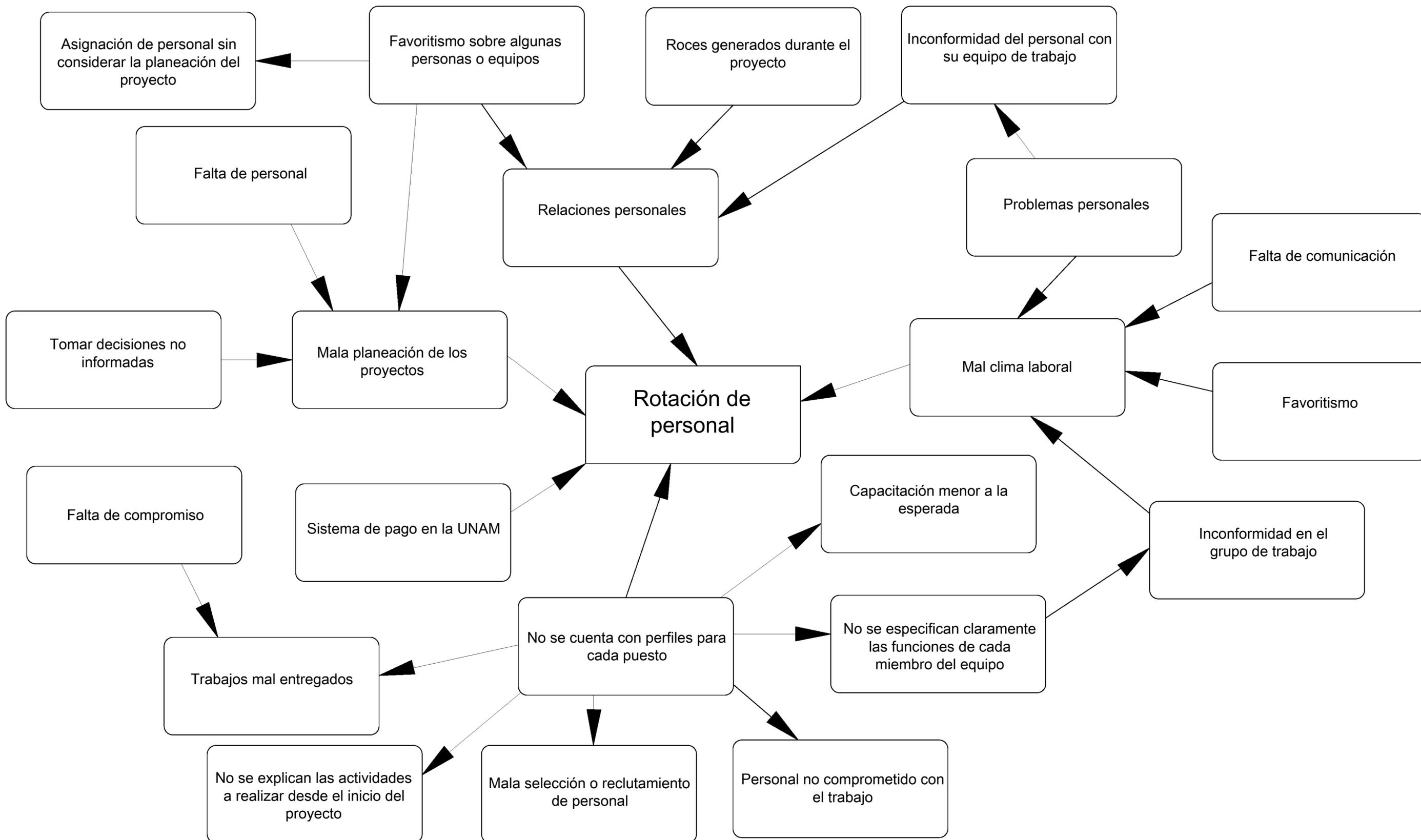
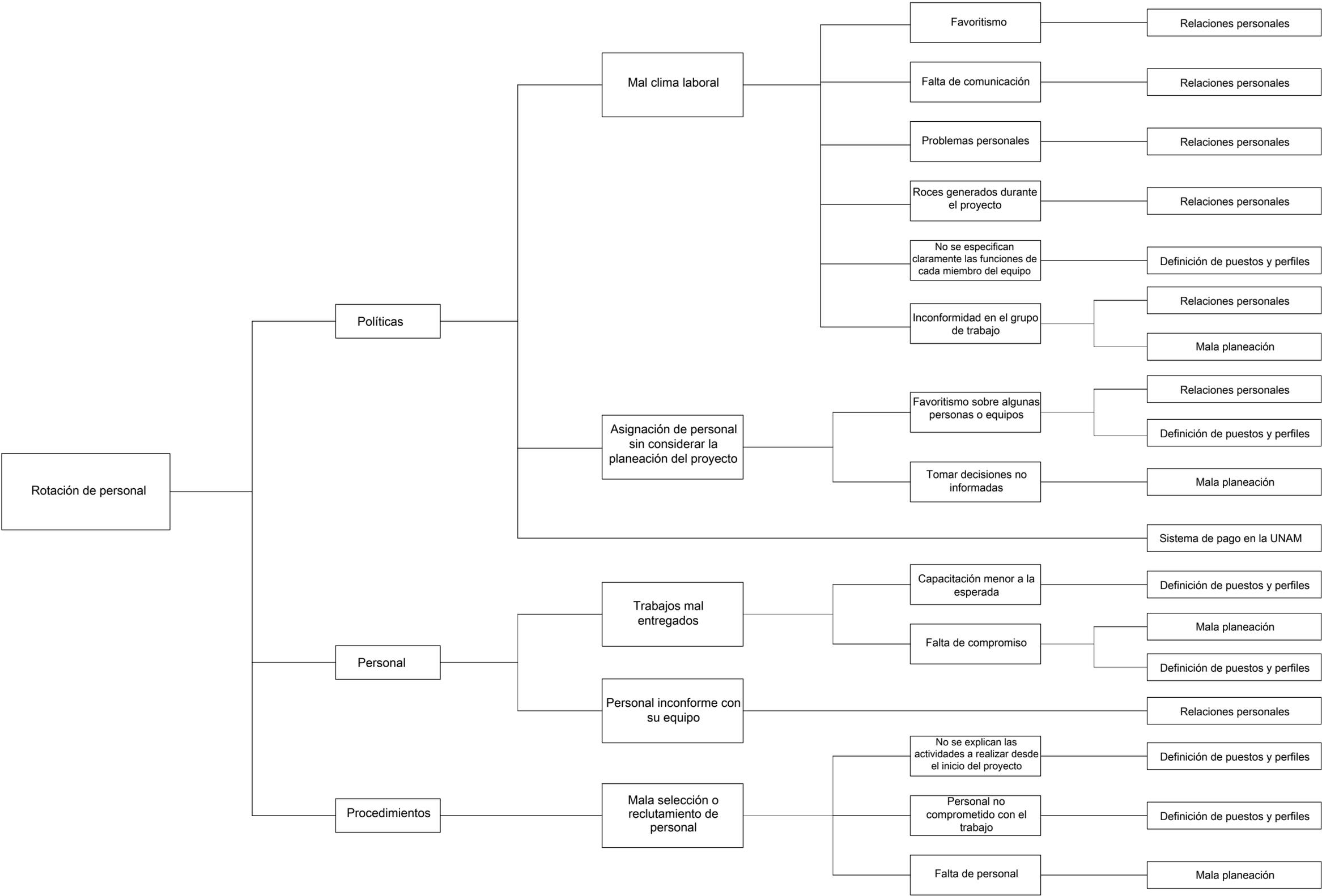


Figura 31. Diagrama de relaciones (Caso práctico 3)





## Paso 5. Identificar la causa raíz

*Tabla 38. Identificación de causa raíz (Caso práctico 3)*

<b>Identificar causas raíz ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?</b>					
<b>Causas Potenciales</b>	<b>¿Es posible comprobar con datos reales?</b>	<b>¿Causas reales que provocan hasta en un 25% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 25 y 50% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 50 y 100% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que sumadas provocan en un 80% el problema?</b>
Relaciones personales	si		X		X
Definición de puestos y perfiles	si		X		X
Mala planeación	si	X			X
Sistema de pago	si	X			

## Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones

*Tabla 39. Identificación de posibles soluciones (Caso práctico 3)*

<b>Identificar posibles soluciones</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>Descripción de la idea</b>
1	Definir perfiles para cada puesto y contratar a personas que cumplan con los requerimientos
2	Mayor planeación para conjuntar a los integrantes que ya han participado en proyectos anteriores
3	Definir claramente las responsabilidades y derechos de los participantes del proyecto
4	Constante comunicación con los líderes del proyecto
5	Buscar mecanismos que ayuden a mejorar el clima laboral
6	Tener reglas sencillas de trabajo
7	Respetar a los equipos de trabajo y dejarlos intactos por lo menos dos proyectos e ir incluyendo un miembro nuevo para capacitarlo correctamente
8	Evaluación del personal

**Tabla 40. Evaluación de soluciones (Caso práctico 3)**

<b>Evaluación de soluciones</b>		
<b>Idea No.</b>	<b>¿Cuánto cuesta la inversión en pesos mexicanos para la solución?</b>	<b>¿Es factible por costos? si / no</b>
1	\$0.00	si
2	\$0.00	si
3	\$0.00	si
4	\$0.00	si
5	\$500,000.00	no
6	\$0.00	si
7	\$1,000,000.00	no
8	\$0.00	si

**Tabla 41. Ideas factibles por costos (Caso práctico 3)**

<b>Ideas factibles por costos</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Qué riesgos existen al aplicar la idea y cuáles son?</b>
1	Ninguno
2	El hecho de que el personal haya colaborado antes con el grupo, no significa que sea el más adecuado, esto claro, resultado de las deficiencias en cuanto a los procedimientos de contratación
3	Ninguno
4	Ninguno
6	Ninguno
8	Ninguno

*Tabla 42. Ideas con riesgos controlados (Caso práctico 3)*

<b><i>Ideas con riesgos controlados</i></b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen algunas desventajas al aplicar la idea y cuáles son?</b>
1	Ninguna
3	Ninguna
4	Ninguna
6	Se requiere invertir tiempo en el desarrollo, capacitación y difusión de las reglas
8	Ninguna

*Tabla 43. Ideas con desventajas controlables (Caso práctico 3)*

<b><i>Ideas con desventajas controlables</i></b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen beneficios aplicables a los procesos involucrados y cuáles son?</b>
1	Se tendría alineado el perfil, el puesto y la persona, lo que llevaría a un mejor desarrollo de las actividades y el logro de los objetivos del proyecto
3	Se terminaría con el favoritismo y la inconformidad del personal
4	Eliminar los malos entendidos
8	Decidir si el personal ya contratado es el idóneo o se deben buscar nuevos colaboradores

*Tabla 44. Ideas con mejores beneficios (Caso práctico 3)*

<b><i>Ideas con mejores beneficios</i></b>	
<b>Idea No.</b>	<b>Soluciones para resolver el problema</b>
<b>1</b>	Definir claramente los perfiles para cada puesto y contratar sólo a personas que cumplan con los requerimientos
<b>3</b>	Definir claramente las responsabilidades y derechos de los participantes del proyecto
<b>8</b>	Evaluación del personal

## Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones

*Tabla 45. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones (Caso práctico 3)*

<b>Plan de trabajo para la aplicación de soluciones</b>							
<b>No. acción</b>	<b>¿Qué?</b>	<b>¿Quién?</b>	<b>¿Cómo?</b>	<b>¿Dónde?</b>	<b>Fecha de ejecución</b>	<b>Fecha pruebas</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
<b>1</b>	Definir perfiles para cada puesto	Director Coordinador	Definir cada puesto, las habilidades necesarias para cubrirlo y características de la persona que se busca	En toda la organización	Pendiente	Pendiente	Pendiente
<b>2</b>	Definir responsabilidades y derechos del personal	Director Coordinador	Definir las actividades y responsabilidades de cada puesto	En toda la organización	Pendiente	Pendiente	Pendiente
<b>3</b>	Evaluación de personal	Coordinador Ing. residente	Realizar evaluaciones periódicas de los diferentes procesos a Ing. residentes y de servicios	En cada centro de trabajo	pendiente	pendiente	pendiente

## **5.5 CASO PRÁCTICO 4**

### **Paso 1. Integrar un equipo para la solución de problemas**

El equipo formado para la solución de problemas, que se describe en el caso práctico 1, participó en la revisión de todos los casos presentados en éste trabajo.

## Paso 2. Identificar y describir el problema real o potencial

*Tabla 46. Definición del problema (Caso práctico 4)*

<b>Definición de un problema (correctivo)</b>	
<b>¿Por qué no se logra un alto estándar de calidad en los entregables?</b>	Los entregables de cada centro de trabajo son diferentes y de calidad variable
<b>¿Por qué?</b>	No se tiene una revisión adecuada y sistemática de los entregables
<b>¿Por qué?</b>	No hay tiempo ni personal
<b>¿Por qué?</b>	Se pierden recursos y horas hombre al rehacer trabajos
<b>¿Por qué?</b>	No se tienen consensos ni acuerdos técnicos

*Tabla 47. Descripción del problema a detalle (Caso práctico 4)*

<b>Descripción de un problema a detalle (correctivo)</b>	
<b>Problema 4</b>	Falta de consensos y acuerdos técnicos

### Paso 3. Identificar los procesos afectados

*Tabla 48. Clasificación del problema real y los procesos asociados (Caso práctico 4)*

<b>Clasificar el problema real y los procesos involucrados</b>					
<b>¿Qué proceso del negocio se afecta?</b>	Variable 1 <b>Capacitación</b>	Variable 2 <b>Desarrollo de trabajos</b>	Variable 3 <b>Revisión</b>	Variable 4 <b>Corrección</b>	Variable 5 <b>Entrega</b>
<b>Búsqueda de información</b>					
<b>Identificación de circuitos</b>	X	X	X	X	X
<b>Identificación de unidades de control</b>	X	X	X	X	X
<b>Levantamiento en campo</b>	X	X	X	X	X
<b>Dibujo</b>	X	X	X	X	X
<b>Carga al SIMECELE</b>	X	X	X	X	X
<b>Elaboración de reportes</b>	X	X	X	X	X
<b>Elaboración de documentos</b>	X	X	X	X	X

## Paso 4. Identificar y clasificar las causas potenciales

Figura 33. Diagrama de Pareto (Caso práctico 4)

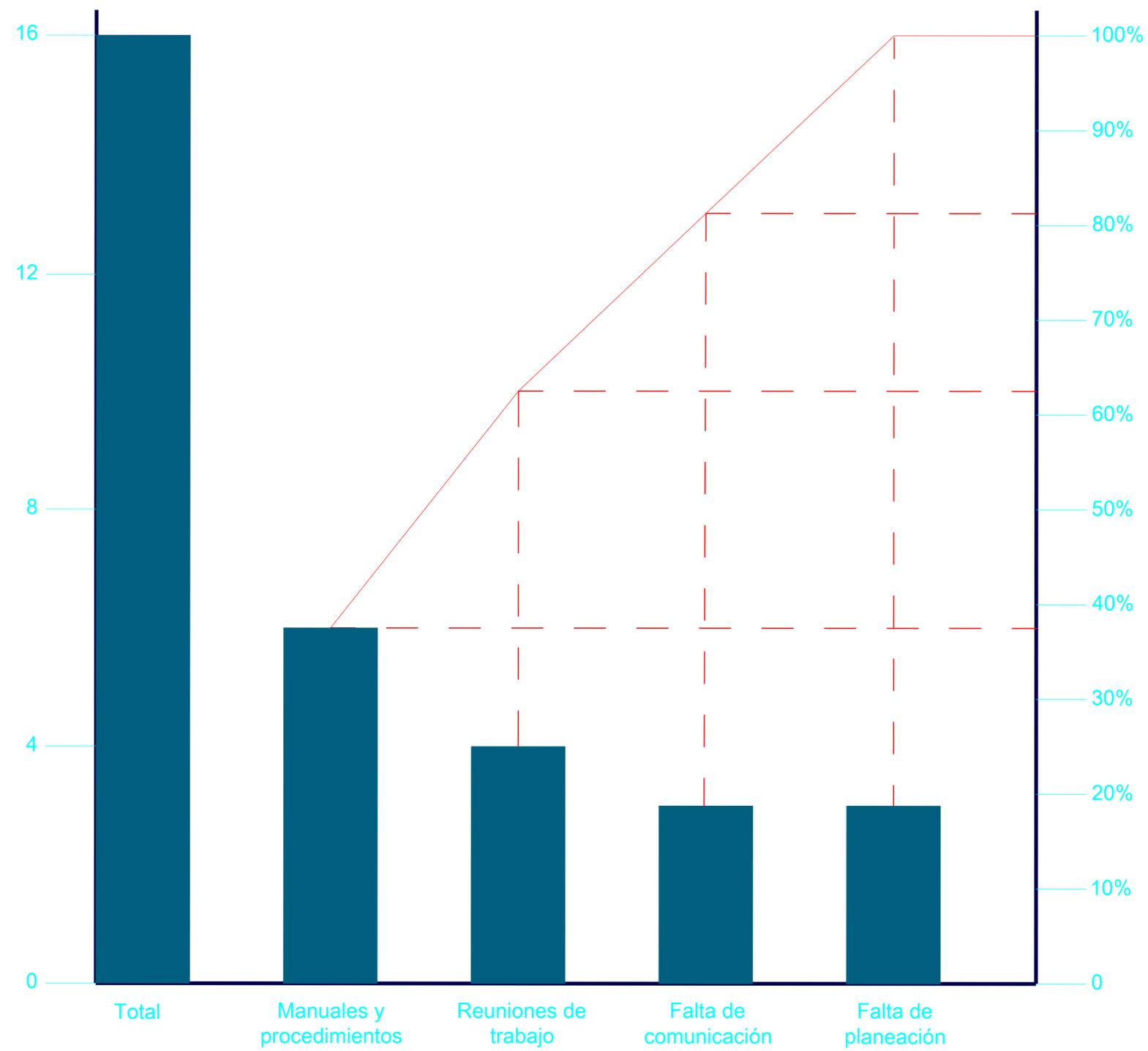


Figura 34. Diagrama de Ishikawa (Caso práctico 4)

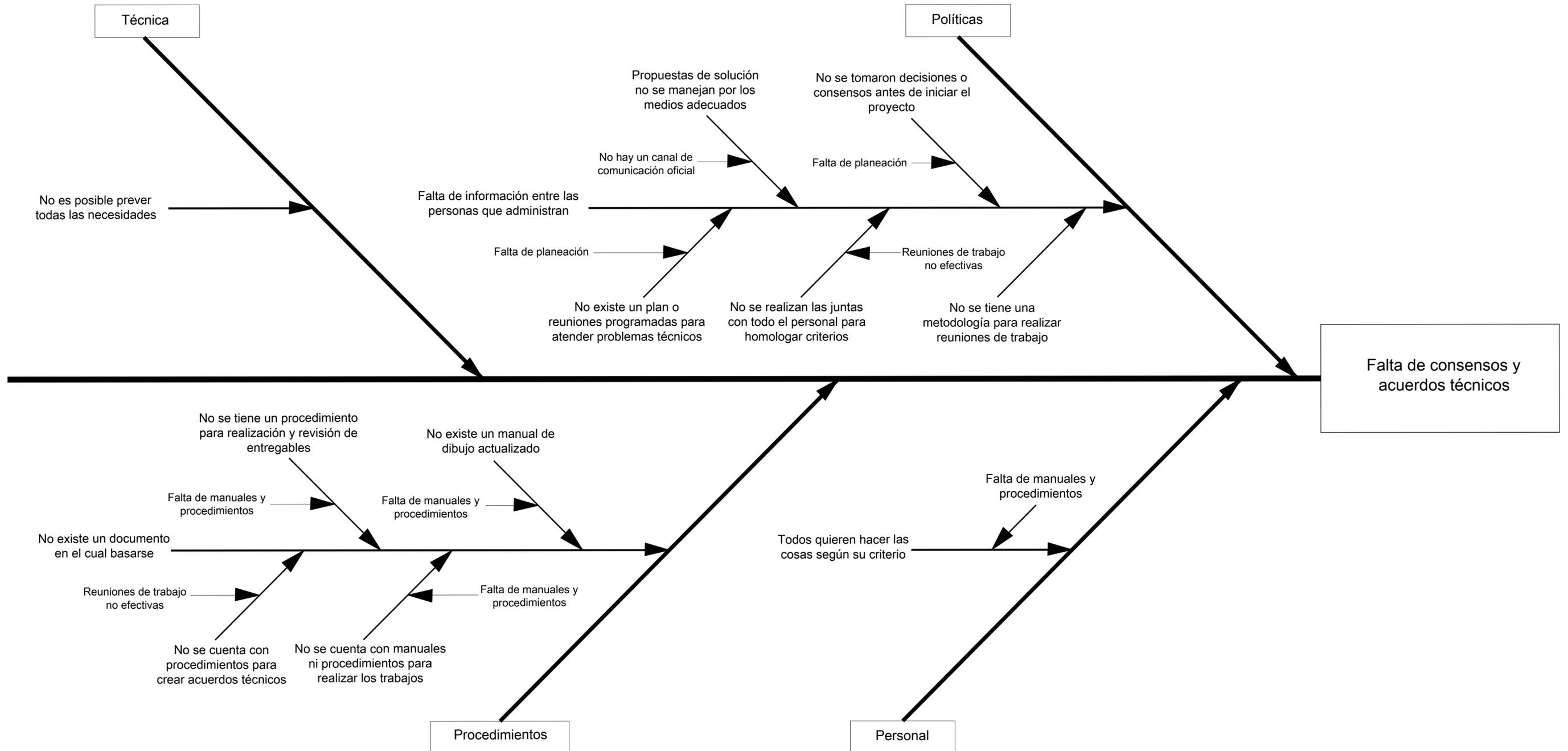


Figura 35. Diagrama de afinidad (Caso práctico 4)

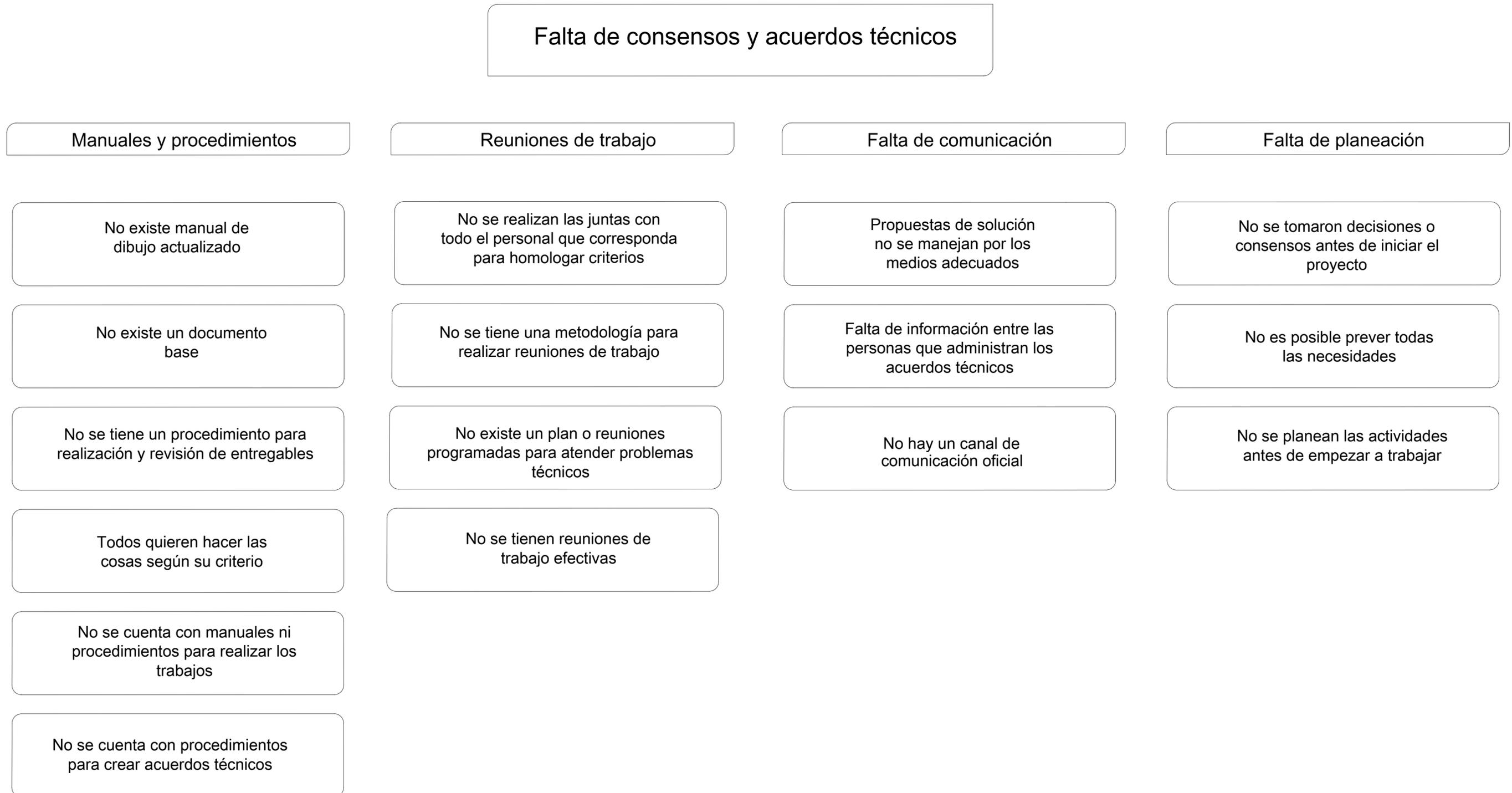


Figura 36. Diagrama de relaciones (Caso práctico 4)

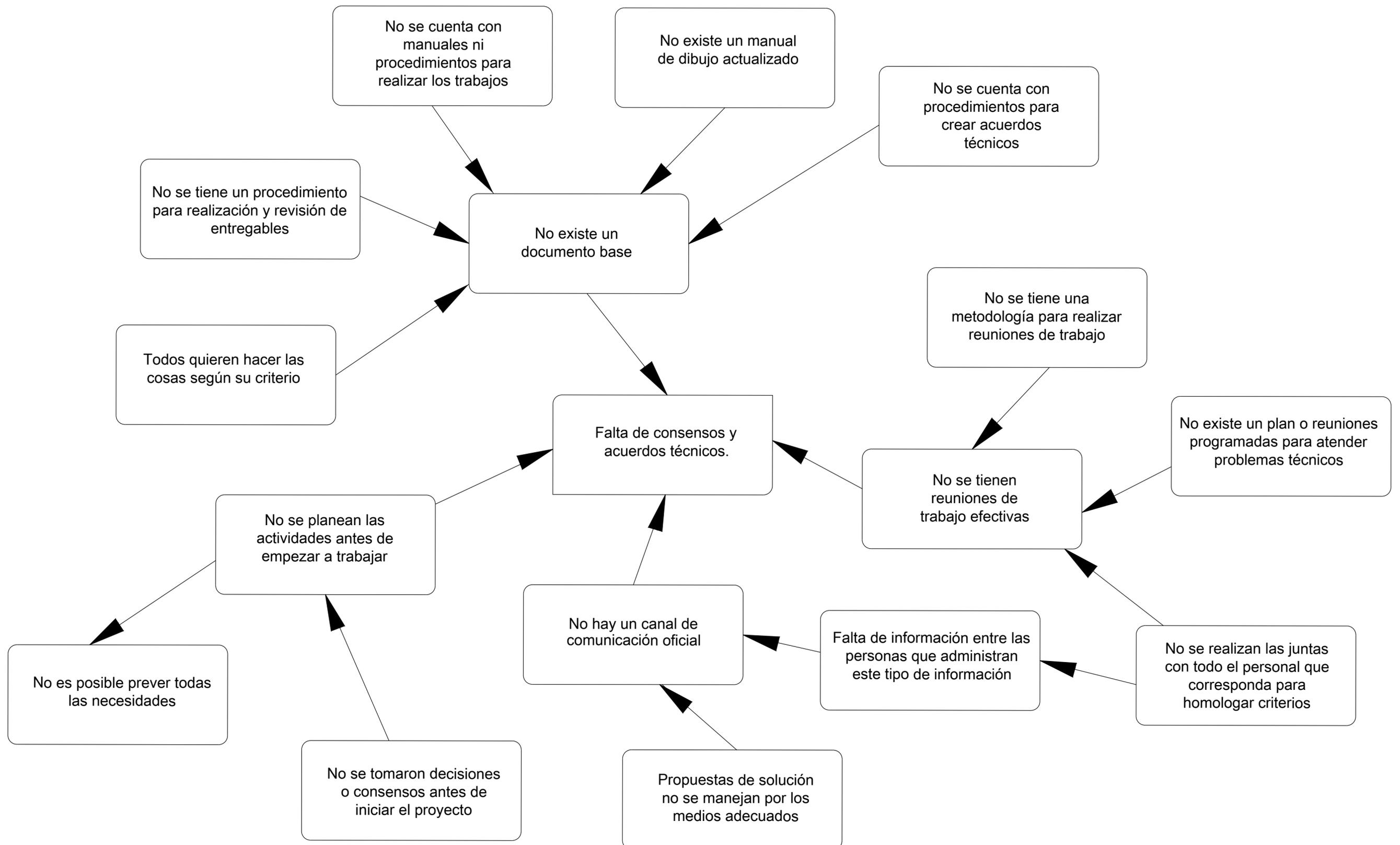
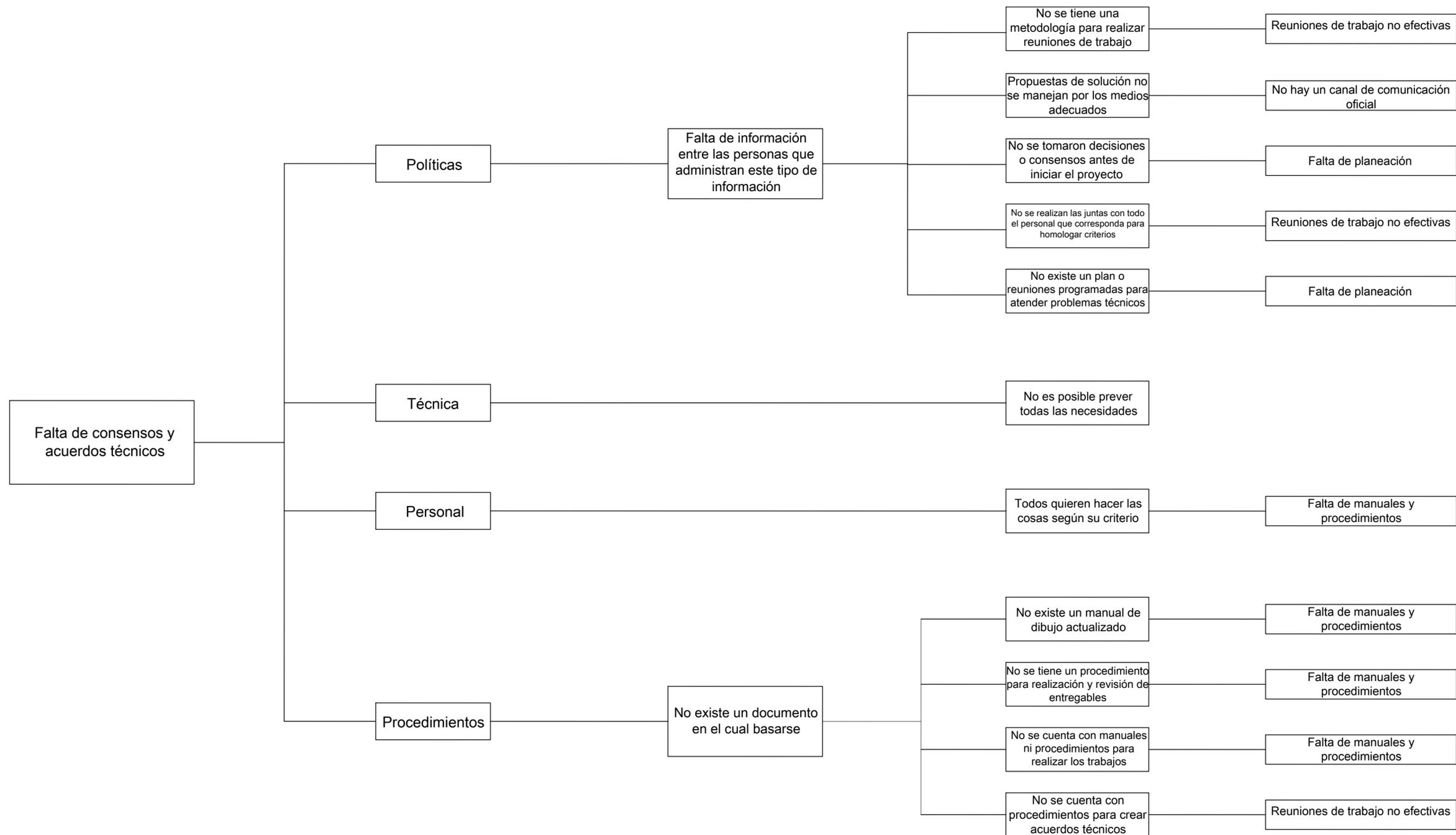


Figura 37. Diagrama de árbol (Caso práctico 4)



## Paso 5. Identificar la causa raíz

Tabla 49. Identificación de causa raíz (Caso práctico 4)

<b>Identificar causas raíz ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?</b>					
<b>Causas Potenciales</b>	<b>¿Es posible comprobar con datos reales?</b>	<b>¿Causas reales que provocan hasta en un 25% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 25 y 50% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que provocan entre el 50 y 100% el problema?</b>	<b>¿Causas reales que sumadas provocan en un 80% el problema?</b>
Falta de manuales y/o procedimientos	si		X		X
Reuniones de trabajo no efectivas	si		X		X
Falta de comunicación	si	X			X
Falta de planeación	si	X			

## Paso 6. Identificar y evaluar posibles soluciones

*Tabla 50. Identificación de posibles soluciones (Caso práctico 4)*

<i>Identificar posibles soluciones</i>	
<b>Idea No.</b>	<b>Descripción de la idea</b>
1	Generar una guía actualizada donde se engloben la mayor cantidad de criterios posibles, tanto de dibujo como de cuestiones técnicas que se deben dominar
2	Establecer una metodología para llevar a cabo reuniones efectivas de trabajo
3	Los acuerdos deben ser dados a conocer por un canal oficial y respetados, aunque estarán sujetos a propuestas de mejora
4	Crear un departamento cuya función sea evaluar los entregables
5	Dedicar tiempo antes o al inicio del proyecto para generar los consensos
6	Crear un canal de comunicación oficial para informar de cambios y excepciones
7	Desarrollar procedimientos para cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el proyecto

*Tabla 51. Evaluación de soluciones (Caso práctico 4)*

<b>Evaluación de soluciones</b>		
<b>Idea No.</b>	<b>¿Cuánto cuesta la inversión en pesos mexicanos para la solución?</b>	<b>¿Es factible por costos? si / no</b>
1	\$0.00	si
2	\$0.00	si
3	\$0.00	si
4	\$0.00	si
5	\$0.00	si
6	\$0.00	si
7	\$0.00	si

*Tabla 52. Ideas factibles por costos (Caso práctico 4)*

<b>Ideas factibles por costos</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Qué riesgos existen al aplicar la idea y cuáles son?</b>
1	Ninguno
2	Ninguno
3	Ninguno
4	La evaluación puede ser deficiente si el personal que integra el departamento no cuenta con experiencia y habilidades técnicas necesarias
5	Se podrían descuidar aspectos del proyecto en curso
6	Ninguno
7	Ninguno

**Tabla 53. Ideas con riesgos controlados (Caso práctico 4)**

<b>Ideas con riesgos controlados</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen algunas desventajas al aplicar la idea y cuáles son?</b>
1	Ninguna
2	Ninguna
3	Ninguna
6	Ninguna
7	Ninguna

**Tabla 54. Ideas con desventajas controlables (Caso práctico 4)**

<b>Ideas con desventajas controlables</b>	
<b>Idea No.</b>	<b>¿Se tienen beneficios aplicables a los procesos involucrados y cuáles son?</b>
1	Se evitaría redibujar varias veces
2	Se lograría llegar a consensos, además de atender situaciones particulares de cada centro de trabajo
3	Todo mundo estaría enterado de los consensos
6	Comunicación eficiente entre todo el personal, evitando mal entendidos y fricciones
7	Se tendrían instrucciones claras de cómo realizar los procesos necesarios para cumplir los objetivos, evitando rehacer una o varias veces los trabajos, además, la calidad de los entregables sería mejor y se cumplirían con los tiempos de entrega programados

*Tabla 55. Ideas con mejores beneficios (Caso práctico 4)*

<b><i>Ideas con mejores beneficios</i></b>	
<b>Idea No.</b>	<b>Soluciones para resolver el problema</b>
2	Establecer una metodología para llevar a cabo reuniones efectivas de trabajo
3	Todo acuerdo debe ser dado a conocer por un canal oficial y ser respetado, aunque estará sujeto a propuestas de mejora
6	Crear un canal de comunicación oficial por el cual informar de cambios y excepciones a todos los equipos
7	Desarrollar y difundir procedimientos para cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el proyecto

## Paso 7. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones

*Tabla 56. Plan de trabajo para la aplicación de soluciones (Caso práctico 4)*

<b>Plan de trabajo para la aplicación de soluciones</b>							
<b>No. acción</b>	<b>¿Qué?</b>	<b>¿Quién?</b>	<b>¿Cómo?</b>	<b>¿Dónde?</b>	<b>Fecha de ejecución</b>	<b>Fecha pruebas</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
<b>1</b>	Establecer una metodología para reuniones de trabajo efectivas	Coordinador Ing. residente	Establecer alguna metodología ya desarrollada para este fin	En toda la organización	Pendiente	Pendiente	Pendiente
<b>2</b>	Crear un canal de comunicación oficial	Director	Oficializando un canal escrito o electrónico	En toda la organización	Pendiente	Pendiente	Pendiente
<b>3</b>	Comunicarse e informar por medio de un canal oficial	Todo personal	Usando el canal oficial para cualquier comunicación	En toda la organización	Pendiente	Pendiente	Pendiente
<b>4</b>	Desarrollar y difundir procedimientos	Director Coordinador Ing. residente	Asignar un grupo especial para esta tarea	En toda la organización	Pendiente	Pendiente	Pendiente

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

Después de llevar a cabo el análisis de la problemática presente en el grupo CEASP<sup>4</sup>A para desarrollar los trabajos de implementación del SIMECELE en el Sistema Nacional de Refinación se tiene claro que no se cuenta con una estructura organizacional, por lo tanto no se puede hablar de calidad ni de mejora continua, ya que el grupo de trabajo no está definido.

Aunque se espera que el grupo de trabajo funcione como una organización, no lo puede hacer, ya que no tiene los elementos básicos para que se le considere como tal, no cuenta con: un organigrama que describa los puestos y perfiles (separando funciones y los niveles jerárquicos), línea de mando clara y bien definida, métodos y procedimientos para el desarrollo de los diferentes procesos que se llevan a cabo, canal de comunicación oficial y efectivo, etcétera.

Sin embargo, el llevar a cabo el análisis desarrollado en este trabajo permite tener bases sólidas para proponer soluciones, es de vital importancia conocer y documentar la realidad del grupo para desde ahí trazar la ruta a seguir para lograr una organización.

Por lo general, la gente ve como algo malo que el desarrollo de un trabajo genere áreas de oportunidad de mejora, por el contrario, la presencia de problemas, siempre y cuando sean dentro de la lógica, es saludable y signo de que el sistema funciona correctamente.

Después de realizar el análisis del grupo, se encontraron cuatro problemas administrativos principales:

1. Asignación tardía del personal que conforma los equipos de trabajo.
2. Cambios en el plan de trabajo original.
3. Rotación de personal.
4. Falta de consensos y acuerdos técnicos.

De los cuales se derivan una serie de conflictos que afectan significativamente el desarrollo de los trabajos del grupo. Como resultado de esta problemática se tienen una cantidad excesiva de retrabajos, gastos por reimpressiones y correcciones de trabajos, mal clima laboral, no cumplimiento de los tiempos de entrega, calidad menor a la esperada de los entregables y clientes insatisfechos, lo que repercute de manera importante en la fidelidad del cliente.

Para que el área de oportunidad de mejora sea 100% efectiva es necesario generar una buena acción correctiva, cortar el problema de raíz, verificando su no recurrencia. A su vez para realizar una acción correctiva eficaz, hay que tener bien identificado el problema por lo que es indispensable hacer un buen análisis de la causa raíz, base de la no conformidad.

En la metodología empleada, se realizó el análisis de las causas de la problemática interna, usando las diferentes herramientas administrativas, tanto las básicas como las nuevas. Lo que se pudo observar es que si bien las herramientas básicas permitieron identificar las posibles causas raíz presentes en éste grupo de trabajo, el empleo de las nuevas herramientas administrativas, permitió acercarnos de una manera más evidente. Las causas raíz encontradas son:

- a) Mala planeación administrativa del proyecto.
- b) Mala evaluación del estudio diagnóstico.
- c) Falta de manuales y procedimientos.
- d) Falta de definición de puestos, actividades y perfiles.
- e) Falta de comunicación.
- f) Reuniones de trabajo no efectivas.
- g) Relaciones laborales deficientes.
- h) Generación de nueva tecnología.

El hecho de que los problemas más significativos encontrados en el proceso de implementación del SIMECELE son de naturaleza intangible y compleja, con interrelación alta con otros problemas, hace muy complejo su análisis, es por eso que resultan mucho más útiles las nuevas herramientas administrativas como son: diagramas de relaciones, de árbol, de afinidad, de flechas, etc. ya que con éstas se puede trabajar con datos cualitativos (ideas u opiniones).

Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta, se determinaron las propuestas de solución siguientes:

1. Elaborar un plan de administración para cada proyecto, que considere cuanto personal es necesario, además de cuando debe iniciarse la incorporación y capacitación del nuevo personal.
2. Revisar detalladamente la información de cada centro de trabajo para definir los alcances con datos reales.
3. Apoyar en lo necesario el desarrollo de la tecnología SIMECELE, generando listas de problemas frecuentes que se vayan detectando en la carga de datos para considerarlos en la mejora de la tecnología.
4. Definir claramente los alcances y los tiempos de ejecución del proyecto, tomando en cuenta las necesidades específicas de cada centro de trabajo.
5. Definir claramente los perfiles para cada puesto y contratar solamente a las personas que cumplan con los requerimientos.
6. Definir claramente las responsabilidades de los participantes del proyecto.
7. Evaluación del personal.
8. Establecer procedimientos para llevar a cabo reuniones efectivas de trabajo.
9. Todo acuerdo debe ser dado a conocer por un canal oficial y debe ser respetado, aunque estará sujeto a mejoras.
10. Crear un canal de comunicación oficial por el cual informar de cambios y excepciones a todos los equipos de trabajo.
11. Desarrollar y difundir procedimientos para cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el proyecto.

Si bien encontrar soluciones es un proceso complicado, el implementarlas resulta aun más difícil, ya que si no se hace adecuadamente se puede caer en un mayor número de problemas, resulta de suma importancia contar con el compromiso y participación de todos los involucrados en la implementación de las soluciones.

Es fundamental llevar a cabo los planes de trabajo propuestos en éste trabajo para solucionar la problemática presente dentro del grupo CEASP<sup>4</sup>A; que se evalúen

los resultados obtenidos de la aplicación de las soluciones y lo más importante es mejorar los resultados, de lo contrario no se alcanzará la mejora que se visualiza imprescindible si es que se quiere continuar desarrollando la implementación del SIMECELE.

Sería una lástima que no se pudiera cumplir con los objetivos propuestos por no desarrollar una responsabilidad de mejora continua en productividad y calidad dentro del grupo, ya que es una parte indispensable de un trabajo bien hecho y necesario para lograr una organización exitosa.

Cuando un problema es causado por fuerzas internas y controlables no hay excusa para permitir que vuelva a ocurrir.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Como primer paso en el proceso para resolver la problemática del grupo CEASP<sup>4</sup>A de la Facultad de Química de la UNAM es muy importante definirlo, así como a los conceptos de misión, principios y valores del grupo, para dar a conocer lo que se hace, qué se espera y en qué se quiere convertir el CEASP<sup>4</sup>A, ya que toda organización necesita un marco de referencia definido de su visión que incluya una filosofía guía, valores y creencias fundamentales así como un propósito.

Como parte fundamental de las recomendaciones aportadas por éste trabajo, se proponen la misión, principios y valores para el CESP<sup>4</sup>A:

### MISIÓN

Realizar desarrollos tecnológicos en seguridad industrial y protección ambiental, para apoyar al Sistema Nacional de Refinación en la mejora de la seguridad de sus instalaciones, cumpliendo con la legislación vigente y mejorando su imagen frente a la comunidad, lo que permite formar estudiantes y profesionistas de excelencia a través de su participación en proyectos de vinculación academia-industria.

### PRINCIPIOS

- Cumplir con los requisitos técnicos de PEMEX-Refinación.
- Entrega a tiempo de los proyectos convenidos.
- Cliente satisfecho.
- Resolver las acciones correctivas y tomar las acciones preventivas necesarias.

El grupo CEASP<sup>4</sup>A debe tener como valores la honestidad, la responsabilidad, la lealtad, el trabajo en equipo, la comunicación y la humildad; términos que se definen de la manera siguiente:

**Honestidad:** Transparencia en los procesos, reglas del juego claras para todos sin mantener información oculta. Cada integrante del equipo de trabajo se comunica entre sí, basado en datos, cifras, tablas y gráficas que les permite hablar y escribir con la verdad, hacia la gerencia y hacia el resto de sus compañeros.

**Responsabilidad:** Todo el personal domina su trabajo y por ende, lo hace bien. Si hubiera dudas de cómo ejecutarlo, rápidamente lo aclara con su jefe inmediato a fin de no entorpecer los resultados buscados. El jefe aporta en este valor su experiencia para capacitar y dar cada vez más responsabilidades al personal asignado a su área. El equipo actúa con responsabilidad en la realización de sus compromisos, es decir, cumple lo que promete en tiempo, calidad y servicio.

**Lealtad:** Todos somos parte del grupo y vamos más allá de hacer bien nuestro trabajo, colaboramos con nuestros compañeros en la mejora de todo el grupo.

**Trabajo en equipo:** Nuestros objetivos no son ni más ni menos que los de las áreas diversas con las que trabajamos y colaboramos diariamente. Si todos nos preocupamos por los demás y nos ocupamos por satisfacer lo que requieren, independientemente del departamento al cual pertenecen, todos salimos ganando.

**Comunicación:** Apertura al diálogo franco, cuestionar abiertamente los procesos con información real, con evidencia; proporciona al equipo de trabajo aceptación y compromiso auténtico de los mismos y facilita la creatividad y el aporte de sugerencias.

**Humildad:** Creer en nosotros mismos, tanto como para aceptar que nos podemos equivocar y recibir retroalimentación constructiva de parte de otro integrante del equipo, aceptar con honestidad y humildad la información y agradecer la oportunidad de crecer y mejorar.

El segundo paso, y más importante de este proceso, es difundir y lograr que el personal de todos los niveles, se identifique con la misión, principios y valores del grupo. Que formen parte de su trabajo diario y que sean una visión de a dónde se quiere llegar, para esto es necesario impulsar a través del ejemplo, la percepción

compartida de lo que es importante para el grupo y desarrollar los valores y creencias compartidas de por qué estos aspectos son importantes.

Este trabajo propone un plan de acción para identificar y dar soluciones, sin embargo este proceso debe ser renovado, mejorado y complementado tantas veces como sea necesario, pues lo que funciona y da éxito hoy no garantiza que mañana lo tenga.

Finalmente, es necesario difundir los resultados obtenidos buscando la participación e involucramiento de todo el grupo para desarrollar ésta metodología en cualquier proceso dentro del proyecto, con la finalidad de detectar áreas de oportunidad de mejora y proponer soluciones buscando siempre lograr la satisfacción de las necesidades del cliente interno y externo.

## BIBLIOGRAFÍA

Cantú, D. H. (1997). *Desarrollo de una cultura de calidad*. México. McGrawHill.

Colunga, D. C. (1995). *Administración para la calidad. Cómo hacer competitiva a nivel mundial una empresa mexicana*. México. Panorama editorial.

*Compliance guidelines and recommendations for process safety management. Occupational safety and health standards. Hazardous Materials (2000)*. U.S.A. U.S. Department of labor occupational safety and health administration.

Canales, O.T. (2002). *Formato APA*. (5ª Ed.). México.

*Diagrama de relaciones*. (n.d.). Extraído el 07 de julio de 2011 desde [http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama\\_de\\_relaciones.pdf](http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_relaciones.pdf) pag. 14.

Escalante, V. E. J. (2006). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. México. Limusa.

Fernández, R. A. (2005). *Creatividad e innovación en empresas y organizaciones. Técnicas para la resolución de problemas*. España. Díaz Santos.

Goetsch, D. L. & Davis, S. (1994). *Introduction of total quality, quality, productivity, competitiveness*. U:S:A: MacMillan College Publishing Company, Inc.

Gómez, F. F., Vilar, B. J. & Tejero, M. M. (2003). *6σ Seis sigma. (2ª Ed.)*. España. Fundación CONFEMETAL.

*Guía para el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores. DG-SASIPA-IT-0204.* (2010). México. Subdirección de protección ambiental y seguridad industrial. PEMEX-Refinación.

*Guidelines for integrating process safety management, environmental, safety, health and quality.* (1996). New York. Center for chemical process safety of the American Institute of Chemical Engineers.

Ishikawa, K. (1986). *¿Qué es el control total de la calidad?: la modalidad japonesa.* Colombia. Norma.

Japan Human Relations Association. Productivity Press. (1992). *KAIZEN TEIAN 1 Developing systems for continuous improvement through employee suggestions.* U:S:A: Kogyo Nikkan.

Lovelock, C. & Wirtz J. (2009). *Marketing de servicios.* (6ª Ed.). México. Pearson.

*Manual del SIASPA, política de seguridad industrial y protección ambiental de Petróleos Mexicanos.* (1988). México. Subdirección de protección ambiental y seguridad industrial. PEMEX-Refinación.

*Manual de usuario SIMECELE. CEASPA-MUS-003.* (2009). México. Facultad de Química. UNAM.

---

Miranda, R. L. N. (2006). *SEIS SIGMA. Guía para principiantes*. México. Panorama.

Moreno-Luzón, M. D., Peris, F. & González, T. (2001). *Gestión de la calidad y diseño de organizaciones. Teoría y estudio de casos*: España. Prentice Hall.

Palacios, B. J. L. (2006). *Administración de la calidad*. México. Trillas.

Petróleos Mexicanos. (2011). *Informe de responsabilidad social 2010*. México. Sala de prensa PEMEX.

Petróleos Mexicanos. (2011). *Mantuvo PEMEX en 2010 el índice de frecuencia de accidentes más bajo*. Boletín No. 58. México. Sala de prensa PEMEX.

Ryan, T. P. (2011). *Statistical methods for quality improvement*. (3<sup>a</sup> Ed.) U.S.A. John Wiley & Sons, Inc.

Vega, F. J. (1999). *Herramientas de calidad*. Extraído el 06 de julio de 2011 desde [http://www.scribd.com/doc/2298576/Herramientas\\_de\\_calidad](http://www.scribd.com/doc/2298576/Herramientas_de_calidad)

Vilar, B. J. F. (1997). *Las 7 nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. (2<sup>a</sup> Ed.). España. Fundación CONFEMETAL.

## ANEXO A

### ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS QUE SE GENERAN EN EL GRUPO CEASP<sup>4</sup>A AL IMPLEMENTAR EL SIMECELE EN EL SISTEMA NACIONAL DE REFINACIÓN.

A continuación se enlistan 8 preguntas sobre cada uno de los cuatro principales **problemas administrativos (PA)** que de momento se han identificado en la implementación del SIMECELE. Para cada problema, se hacen las mismas ocho preguntas.

La finalidad de este cuestionario es recabar datos e ideas que permitan mejorar el trabajo del grupo, contribuir con el desarrollo del trabajo en equipo y ser más eficientes en la obtención del objetivo, por el que PEMEX le paga a la UNAM-FQ, a saber: la implantación del SIMECELE en Pemex Refinación.

#### PA-I. ASIGNACIÓN TARDÍA DEL PERSONAL QUE CONFORMA LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

1. ¿Cuál o cuáles consideras que son las causas de que se asigne con posterioridad a la fecha de inicio de proyecto, al personal que conformará los diferentes equipos de trabajo?
2. ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?
3. ¿Con cuales otros problemas se relaciona el hecho de que se asigne al personal con posterioridad?
4. A tu consideración ¿Qué procesos se afectan dentro del plan de trabajo de cada equipo?
5. ¿Qué se conseguiría al resolver este problema?
6. ¿Cómo afecta a la calidad, al servicio al cliente y a la satisfacción del personal?
7. ¿Cuál crees que sería una solución a este problema?
8. ¿Habría alguna desventaja al aplicar la solución propuesta? ¿Cuál?

## **PA-II. CAMBIO DE PLAN DE TRABAJO ORIGINAL.**

1. ¿Cuál o cuáles consideras que son las causas de que se asignen trabajos no planeados y/o cambios en el plan de trabajo original?
2. ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?
3. ¿Con cuáles otros problemas se relaciona la asignación de trabajos no planeados?
4. A tu consideración ¿Qué procesos se afectan dentro del plan de trabajo real de cada equipo?
5. ¿Qué se conseguiría al resolver este problema?
6. ¿Cómo afecta a la calidad, al servicio al cliente y a la satisfacción del personal?
7. ¿Cuál crees que sería una solución a este problema?
8. ¿Existiría alguna desventaja al aplicar la solución propuesta? ¿Cuál?

## **PA-III. ROTACIÓN DE PERSONAL.**

1. ¿Cuál o cuáles consideras que son las causas de que se presente tanta rotación de personal?
2. ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?
3. ¿Con cuales otros problemas se relaciona la rotación de personal?
4. A tu consideración ¿Qué procesos afecta dentro del plan de trabajo de cada equipo?
5. ¿Qué se conseguiría al resolver este problema?
6. ¿Cómo afecta a la calidad, al servicio al cliente y a la satisfacción del personal?
7. ¿Cuál crees que sería una solución a este problema?
8. ¿Habría alguna desventaja al aplicar la solución propuesta? ¿Cuál?

---

#### **PA-IV. FALTA DE CONSENSOS Y ACUERDOS TÉCNICOS.**

1. ¿Cuál o cuáles consideras que son las causas de que no se tuvieron consensos y acuerdos técnicos (plantillas, bloques, formatos y documentos de ingeniería) al inicio del proyecto?
2. ¿Cómo afecta cada causa y con qué prioridad?
3. ¿Con cuáles otros problemas se relaciona la falta de consensos?
4. A tu consideración ¿Qué procesos afecta dentro del plan de trabajo de cada equipo?
5. ¿Qué se conseguiría al resolver este problema?
6. ¿Cómo afecta a la calidad, al servicio al cliente y a la satisfacción del personal?
7. ¿Cuál crees que sería una solución a este problema?
8. ¿Habría alguna desventaja al aplicar la solución propuesta? ¿Cuál?